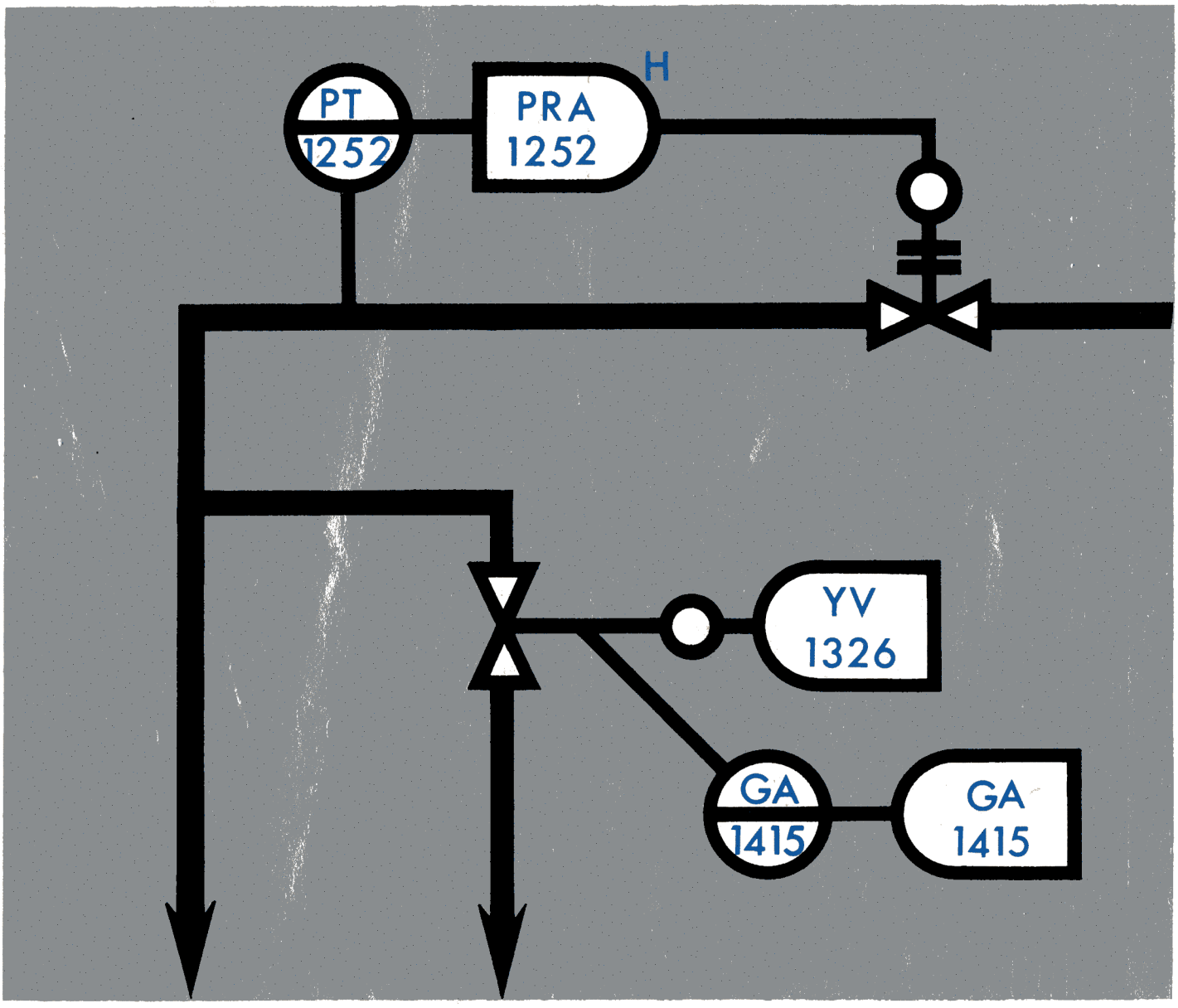
TIEM

# 3 msr

**1982**

**messen • steuern • regeln**




25. Jahrgang
Heft 3
März 1982

Verlagspostamt Leipzig
EVP: 4,00 M

Index 32 525
ISSN 0026-0347

**VEB
Verlag Technik
Berlin**

*Jetzt in zweiter, bearbeiteter Auflage*

**Analyse und Synthese kontinuierlicher Steuerungssysteme**

Von Prof. Dr. sc.techn. Karl Reinisch.
Etwa 420 Seiten, 266 Bilder, 21 Tafeln, Leinen, 32,— M, Ausland 44,— M.
Bestellangaben: 553107 5/Reinisch, Kont. Steuerung

Die Bearbeitung betrifft insbesondere die Stabilisier- und Erkennbarkeit und einige Ergebnisse zur synthetischen Störaufschaltung und -unterdrückung. Neu aufgenommen wurde auch ein Überblick über Verfahren zum Entwurf dezentraler Regelungen.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

**VEB VERLAG TECHNIK BERLIN**

**SYNCHRON-MOTOREN**

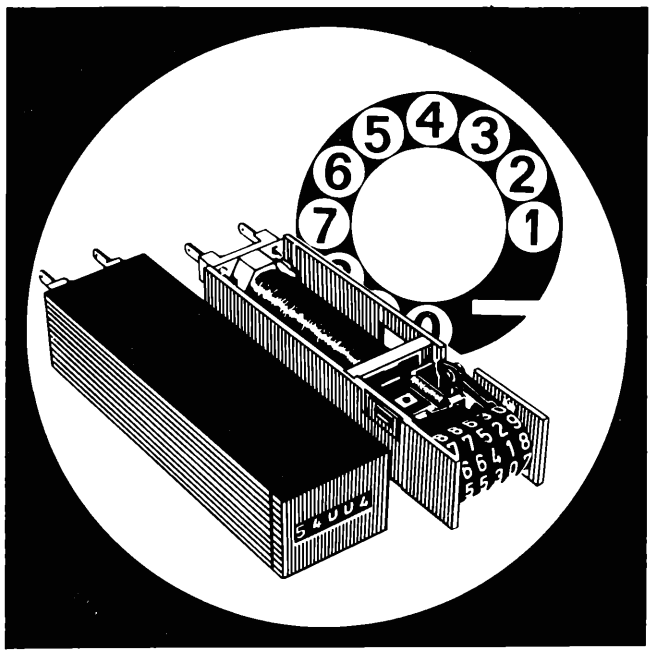
für

**Automatisierung**
**Meß-, Steuerungs- und**
**Regelungstechnik**

**VEB**
**SYNCHRONMOTORENWERK**

**6800 Saalfeld (Saale)**
Pößnecker Straße 46
Ruf: Saalfeld (Saale) 28 53/54
Telex: 58 87 13 symo dd

**ELEKTRO-MAGNETISCHES ZÄHLWERK**




Zuverlässig und mit hoher Zählfrequenz summiert unser GZ 73 alle Einheiten, die sich in elektrische Impulse umwandeln lassen.
Das fünf- bzw. sechsstellige elektromagnetische Zählwerk ist nicht zurückstellbar und erreicht nach 100000 bzw. 1 000000 Schaltungen seine Ausgangsstellung wieder. Durch eine Kappe mit Sichtfenster wird das Zählwerk vor Verschmutzung und gegen unbefugtes Verstellen geschützt. Geringes Gewicht und Lageunabhängigkeit sind weitere Vorteile unseres GZ 73.
Die Gestaltung der Frontansicht ermöglicht eine gute fotografische Auswertung des Zählerstandes.
Das Zählwerk dient vorwiegend in Fernmeldeanlagen zum Erfassen von Gesprächseinheiten.
Aber auch in der Textilindustrie, in Röntgenanlagen sowie in Automaten verschiedenster Art hat es sich als zuverlässige Registrieranlage bewährt.

MANSFELD

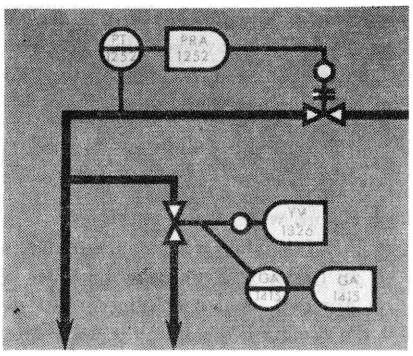
**VEB**
**MANSFELD KOMBINAT**
**WILHELM PIECK**
**DDR**
425 EISLEBEN
MARKT 57·TEL. 5411
TELEX 04-7553
Werk für Anlagen-und Gerätebau

EXPORTEUR:
Elektrotechnik
**EXPORT-IMPORT**
VOLKSEIGENER AUSSENHANDELSBETRIEB DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK
DDR-1026 BERLIN-ALEXANDERPLATZ
HAUS DER ELEKTROINDUSTRIE

# msr

**messen · steuern · regeln**

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik


Zur Festlegung und Kennzeichnung von MSR-Stellen im technologischen Schema dienen MSR-Symbole, die auch ohne Angabe gerätetechnischer Einzelheiten die Verdeutlichung der meß-, steuer- und regelungstechnischen Forderungen und Zusammenhänge ermöglichen. In der DDR ist diese Symbolik durch die TGL 14091 standardisiert. Internationale Abstimmungen haben zur Erarbeitung eines ISO-Standards, eines RGW-Standards und zur dementsprechenden Überarbeitung der TGL 14091 geführt. Im Bild ist ein Beispiel der nunmehr geltenden Symbolik gezeigt. Mehr darüber lesen Sie bitte im Beitrag auf S. 140.

Titelgrafik: *G. Schwesinger*


Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT



Redaktionsbeirat:

Obering. G. F. Berg, Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Dr.-Ing. E. h. W. Britall, Prof. Dr.-Ing. W. Fritzsch, Doz. Dr.-Ing. H. Fuchs, Dr. rer. nat. H. Gena, Dipl.-Ing. H. Gottschalk, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hofmann, Dipl.-Ing. K. Keller, Prof. em. Dr. phil. nat. Dr.-Ing. E. h. H. Kindler, Dipl.-Phys. G. Meister, Dr.-Ing. J. Müller, Prof. Dr. sc. techn. R. Müller, Obering. K.-H. Nagel, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Dr.-Ing. W. Reichel, Prof. Dr. sc. techn. K. Reinisch, Dr.-Ing. H. Schulze, Prof. Dr.-Ing. H. Töpfer, Prof. Dr. sc. oec. G. Viehweger



3

25. Jahrgang
März 1982

VEB
VERLAG TECHNIK


## AUFSÄTZE


ISSN 0026-0347



122 *E.-G. Woschni* und *H.-G. Woschni*
**Vergleich der verschiedenen Definitionen des Faltungsintegrals und Schwierigkeiten bei deren Anwendung**

126 *F. Baldeweg* und *U. Fiedler*
**Dialog-orientierte Analyse von Ereignisgraphen — ein Verfahren zur Diagnose komplexer technologischer Anlagen**

129 *L. Stoitschev* und *K. Heß*
**Beitrag zur Softwareerarbeitung für industrielle Steuerungen**

132 *H. Schröder* und *S. Geyler*†
**Zur Steuerung einer umfangreichen und verketteten Maschinenbelegung**

136 *M. Kirsch, H. Scheubeck* und *R. Große*
**Einfaches Kommunikationsterminal für Labors und Technika**

140 *F. Cunow*
**Zur Überarbeitung der MSR-Symbole**

142 *M. Zuber*
**Darstellung von Stromlauf- und Bauschaltplänen mit Hilfe der EDV**

146 *D. Schwadtke*
**Problemstellungen für die Organisation der Automatisierungsmittelinstandhaltung in Kraftwerken**

150 *M. Grün*
**Neuer Zugang zur Quantifizierung des Mengenverhaltens und der Zuverlässigkeit spezieller betrieblicher Prozesse**

157 **Programmierbare nichtnumerische Steuerungen (XIV)**

159 *R. Wolf* und *K. Fiedler*
**Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (37)**

161 **KURZBEITRAG**

162 **AUS DER ARBEIT DER WGMA**

162 **TAGUNGEN UND KOLLOQUIEN**

165 **PERSÖNLICHES**

166 **MESSEVORSCHAU**

172 **PATENTREFERATE**

174 **BUCHBESPRECHUNGEN**

176 **NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR**

177 **KURZINFORMATIONEN**

Prof. Dr.-Ing. habil. *E.-G. Woschni*, Karl-Marx-Stadt, und Doz. Dr. sc. techn. *H.-G. Woschni*, Jena[1])

# Vergleich der verschiedenen Definitionen des Faltungsintegrals und Schwierigkeiten bei deren Anwendung

IA 1.1.

## 0. Einleitung

Bei der sorglosen Verwendung des Faltungsintegrals, z. B. in der technischen Kybernetik, insbesondere bei der Nichtbeachtung der Distribution, können fehlerhafte Ergebnisse auftreten, deren Ursachen vom Ingenieur oft nicht erkannt und verstanden werden. Gelegentlich findet man daher die Auffassung, die Lage ähnele hier derjenigen bei der Anwendung der Heavisideschen Operatorenrechnung [1].

Im folgenden sollen die Ursachen näher untersucht und geklärt werden. Es wird gezeigt, daß prinzipiell selbst bei der Benutzung des Duhamel-Integrals Fehler auftreten können, wenn die Distribution nicht berücksichtigt wird. Umgekehrt können auch Fehler gerade dann entstehen, wenn bei einer anderen, in der Literatur angegebenen Beziehung die Distribution in Rechnung gestellt wird.

## 1. Definitionen des Faltungsintegrals

Für das Faltungsintegral werden verschiedene Definitionen in der Literatur verwendet [2] bis [6], die ineinander umgerechnet bzw. auseinander hergeleitet werden können:

Das Duhamel-Integral mit der Übergangsfunktion $h(t)$

$$y(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\{x(t) * h(t)\} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_0^t x(\tau)\, h(t-\tau)\, \mathrm{d}\tau; \tag{1}$$

das Faltungsintegral in der üblichen Definition mit der Gewichtsfunktion $g(t)$

$$y(t) = x(t) * g(t) = \int_0^t x(\tau)\, g(t-\tau)\, \mathrm{d}\tau \tag{2}$$

sowie die ebenfalls oft benutzte Definition [4]

$$y(t) = x(t) * g(t) = h(+0)\, x(t) + \int_0^t x(\tau)\, g(t-\tau)\, \mathrm{d}\tau\,. \tag{3}$$

Oft werden in der Informationstechnik auch die Grenzen der Integrale zu $\int_{-\infty}^{+\infty}$ geschrieben. Daß letzteres statthaft ist, läßt sich sofort erklären: Für den Bereich der Integrationsvariablen $-\infty < t \leqq 0$ verschwindet $g(t)$, da sonst das Kausalitätsprinzip verletzt wäre. Andererseits verschwindet in der Informationstechnik $x(t-\tau)$ für $\tau > t$, da stets $x(t) = 0$ für $t < 0$ vorausgesetzt wird. Daher darf anstelle der oberen Integrationsgrenze $t$ auch $\infty$ geschrieben werden.

Betrachtet werden nunmehr die Definitionen (1) bis (3). Dabei kann man feststellen, daß sich offensichtlich aus einem Vergleich von (1) und (2) ergibt:

$$g(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} h(t)\,. \tag{4}$$

Diese Beziehung wird ebenfalls in der Literatur oft ohne Kommentar angegeben. Gelegentlich wird ausdrücklich darauf verwiesen, daß diese Beziehung nur im Sinn der Distribution gilt [5]. Tatsächlich können nämlich bei der üblichen Berechnung ohne Berücksichtigung der Distribution $\delta$-Funktionen verloren gehen, die zu den Fehlern führen. Hierauf war bereits in einer vor einigen Jahren erschienenen Arbeit hingewiesen und Wege zur Umgehung dieser Schwierigkeiten waren aufgezeigt worden [7].

Vielfach wird angenommen, daß bei der Gleichung

$$g(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} h(t) + \delta(t) \cdot h(+0) \tag{5}$$

die Schwierigkeiten beseitigt sind, was — wie anschließend gezeigt — nicht zutrifft. Im Bild 1 ist dieser Zusammenhang (4) in Anlehnung an die in [7] zu findende Erklärung als limes erklärt: Für $h(t) = w(t)$, d. h. für den idealen Sprungverlauf der Eingangsfunktion, wächst die Steigung der im Bild 1 gezeigten Funktion über alle Grenzen, und es entsteht in diesem Grenzfall $g(t) = \delta(t)$, der Dirac-Impuls. Setzt man Gl. (5) in das Duhamel-Integral (1) ein, so ergibt sich die Definition (3), da die Faltung einer Funktion $x(t)$ mit der $\delta$-Funktion den Funktionsverlauf $x(t)$ wieder ergibt.

Auf dieser Überlegung beruht die Definition (3), die oft als problemlos im Gegensatz zur Beziehung (2) angenommen wird [4].

## 2. Überprüfung der Gültigkeit der Definitionen

Die letztgenannte Behauptung trifft jedoch nicht zu. Auch bei der Gl. (3) treten im Prinzip die gleichen Schwierigkeiten auf, wie folgendes Beispiel zeigt: Berechnet wird die Antwort auf eine Rampenfunktion als Eingangsgrößenverlauf

$$x(t) = ct\,. \tag{6}$$

Zunächst nehmen wir einen CR-Hochpaß an mit der Übergangsfunktion

$$h(t) = \mathrm{e}^{-t/T} \tag{7}$$

bzw. der Gewichtsfunktion ohne Berücksichtigung der Distribution

$$g(t) = -\frac{1}{T}\mathrm{e}^{-t/T}\,. \tag{8}$$

Hier tritt offensichtlich schon beim formalen Anwenden der Beziehung (4) ein physikalisch sofort überschaubarer Fehler auf:

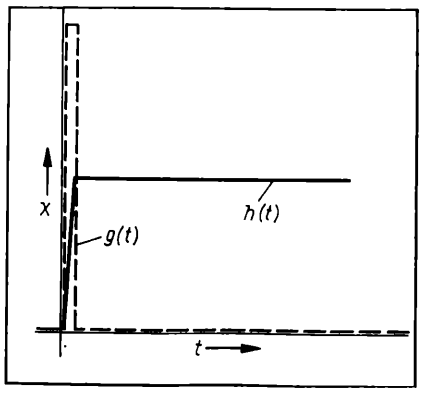



**Bild 1. Zusammenhang zwischen Gewichtsfunktion und Übergangsfunktion**

[1]) Mitteilung aus der TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Informationstechnik, und der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Sektion Technologie für den wissenschaftlichen Gerätebau.

Gl. (8) muß falsch sein, denn als Gewichtsfunktion (d. h. Antwort auf einen positiven Stoß) kann beim Hochpaß keine rein negative Antwort auftreten. Die folgende Integration (9) ergibt ja auch eine abfallende Rampenfunktion mit einem Ausgleichsterm, die in keiner Weise durch den Hochpaß erklärt werden kann.
Bei Benutzung der Definition (2) erhält man fälschlich

$$y(t) = -\int_0^t c\tau \cdot \frac{1}{T} e^{-\frac{t-\tau}{T}} d\tau = cT(1 - e^{-t/T}) - ct . \quad (9)$$

Dagegen ergibt sich bei Benutzung der Definition (1) oder (3) richtig:

$$y(t) = cT(1 - e^{-t/T}) . \quad (10)$$

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man, wenn man unter Berücksichtigung der Distribution

$$g(t) = -\frac{1}{T} e^{-t/T} + \delta(t) \quad (11)$$

in die Definition (2) einsetzt. Geht man dagegen mit dieser Gewichtsfunktion in die Definition (3), so ergibt sich das fehlerhafte Resultat

$$y(t) = cT(1 - e^{-t/T}) + ct . \quad (12)$$

Nach dieser Rechnung entsteht der Eindruck, als liefern die Beziehungen (3) bzw. (1) stets richtige Ergebnisse, wobei man bei (3) ohne Distribution zu rechnen hat.
Das ist jedoch eine falsche Schlußfolgerung. Dies zeigt sich sofort, wenn wir dem Hochpaß ein Differentiationsglied nachschalten, d. h. ohne Berücksichtigung der Distribution

$$h(t) = -\frac{1}{T} e^{-t/T} , \quad (13)$$

$$g(t) = \frac{1}{T^2} e^{-t/T} . \quad (14)$$

In diesem Fall führen alle 3 Definitionen zu falschen Ergebnissen. Selbst bei Verwendung der Definition (3) erhält man eine fehlerhafte Lösung:

$$y(t) = -\frac{c_t}{T} + \int_0^t c\tau \frac{1}{T^2} e^{-\frac{t-\tau}{T}} d\tau = c(e^{-t/T} - 1) . \quad (15)$$

Das richtige Ergebnis liefert dagegen die Definition (1), wenn die Distribution berücksichtigt wird:

$$y(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t c\tau \left[ -\frac{1}{T} e^{-\frac{t-\tau}{T}} + \delta(\tau) \right] d\tau = c\, e^{-t/T} . \quad (16)$$

Im Bild 2 sind die Funktionen nach den Gln. (6), (10) und (16) zusammengestellt.

### 3. Ursachen für die Schwierigkeiten bei der Anwendung der Faltungsintegrale

Die Begründung dafür, daß hier unterschiedliche Ergebnisse auftreten, liegt darin, daß in der Technik in vielen Fällen solche Funktionen verwendet werden, die selbst, oder deren Ableitungen nur als stückweise stetige Funktionen beschrieben werden, weil die durch sie beschriebenen Erscheinungen (Signale) erst zu einer bestimmten Zeit auftreten und davor nicht existieren.
So ist z. B. die Rampenfunktion definiert als

$$x_1(t) = \begin{matrix} 0 & t < 0 \\ c \cdot t & t \geqq 0 \end{matrix} \quad (17)$$

oder die Sprungfunktion als „Ableitung" der Rampenfunktion

$$w(t) = \begin{matrix} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geqq 0 \end{matrix} \quad (18)$$

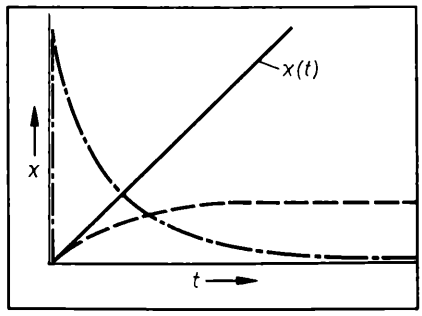



**Bild 2.** Funktionen nach Gl. (6) ———; Gl. (10) — — —; Gl. (16) — · — ·

bzw. die Diracsche Pseudofunktion als „Ableitung" der Sprungfunktion

$$\delta(t) = \begin{matrix} 0 & t \neq 0 \\ \infty & t = 0 \end{matrix} . \quad (19)$$

In entsprechender Weise lassen sich weitere Funktionen, z. B. durch Integration der Rampenfunktion

$$x_n(t) = \begin{matrix} 0 & t < 0 \\ \frac{c_0}{n!} t^n + \frac{c_1}{(n-1)!} t^{n-1} + \ldots + c_n & t \geqq 0 \end{matrix} \quad (20)$$

bzw. „Differentiation" der $\delta$-Funktion

$$\delta^{(k)}(t) = \begin{matrix} 0 & t \neq 0 , \\ \pm\infty \ (k+1) \text{ mal} & t = 0 \end{matrix} \quad (21)$$

definieren.
Es sei ferner darauf hingewiesen, daß die Übergangsfunktion in jedem Fall erst vom Zeitpunkt $t = 0$ ab definiert ist, sie wird z. B. für den Hochpaß für negative $t$ nie $\neq 0$! Derartige stückweise stetige Funktionen lassen sich bekanntlich in ihren Sprungpunkten im Sinne der klassischen Analysis nicht differenzieren und führen daher bei den hier formal behandelten — für stetige, differenzierbare Funktionen richtigen — Operationen zu Fehlern. Die Fehler resultieren also aus der nicht zulässigen Anwendung von Regeln der klassischen Analysis an der Unstetigkeitsstelle. Diese Fehler werden bei Anwendung der Distributionstheorie vermieden, wie im folgenden gezeigt wird.
Zunächst sei daran erinnert, daß z. B. die $\delta$-Funktion auch als Grenzwert stetiger, überall differenzierbarer Funktionen definiert werden kann. Es gelten u. a. die folgenden Definitionen, die alle einander gleichwertig, stetig und differenzierbar im Sinne der Analysis sind, solange der Grenzübergang noch nicht vollzogen ist, und die bei Integration bzw. Differentiation auch die Sprungfunktion, die Rampenfunktion bzw. die Ableitung der $\delta$-Funktion definieren [8] bis [10]:

$$\delta(t) = \lim_{N\to\infty} \frac{N}{2 + e^{-Nt} + e^{Nt}} , \quad (22)$$

$$\delta(t) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{\pi} \frac{N}{N^2t^2 + 1} , \quad (23)$$

$$\delta(t) = \lim_{N\to\infty} N \cdot \exp(-N^2\pi t^2) . \quad (24)$$

Verwendet man z. B. die Definition (22), so ergibt sich:

$$\delta(t) = \lim_{N\to\infty} \frac{d}{dt} \frac{1}{1 + e^{-Nt}} = \lim_{N\to\infty} \frac{d^2}{dt^2} \frac{1}{N} \ln|1 + e^{Nt}| , \quad (25)$$

$$w(t) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{1 + e^{-Nt}} = \lim_{N\to\infty} \frac{d}{dt} \frac{1}{N} \ln|1 + e^{Nt}| , \quad (26)$$

$$x(t) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \ln|1 + e^{Nt}| . \quad (27)$$

Dabei bezeichnet man $x(t)$, $w(t)$, $\delta(t)$ als Distributionen (d. h. als Verallgemeinerungen der Funktionen $x$, $w$, $\delta$). Die Definitionen (22) bis (24) definieren also die gleiche Distribution.
Als Rechen-Regeln für das Arbeiten mit Distributionen wollen wir zusammenstellen (s. z. B. [8]):

1. Die Sprungfunktion ist als Distribution beliebig oft integrierbar und differenzierbar.

   Sprungfunktion $w(t)$

   Rampenfunktion $x_1(t) = \int_{-\infty}^{t} w(t)\,\mathrm{d}t$

   Deltafunktion $\delta(t) = w'(t) = x_1''(t)$.

2. Bei Vorliegen einer beliebigen, stetig differenzierbaren Funktion $f(t)$ wird das Produkt dieser mit einer Distribution wieder eine Distribution.

3. Speziell gilt:

   $$f(t)\,\delta(t) = f(0)\,\delta(t)\,,$$

   da $\delta(t)$ nur im Punkte 0 einen Beitrag bringen kann.

4. Das Faltungsprodukt der Ableitung lautet:

   $$\delta^{(n)}(t) * f(t) = \delta(t) * f^{(n)}(t) = f^{(n)}(t)\,,$$

   d. h. speziell $\delta(t) * (f(t) = f(t)$.

5. Integration liefert:

   $$\int_a^b f(x)\,\delta(x - t_0)\,\mathrm{d}x = \begin{cases} f(t_0) & a \leqq t_0 \leqq b \\ 0 & t_0 < a \quad \text{oder} \quad t_0 > b \end{cases}$$

   (d. h. $t_0$ außerhalb des Intervalles $a$, $b$).

6. Faltung zweier Distributionen $f(t)$, $g(t)$ ergibt:

   $$f^{(n)}(t) * g^{(k)}(t) = f^{(n+k)}(t) * g(t) = f(t) * g^{(n+k)}(t)$$

   $$n, k \geqq 0\,.$$

## 4. Zur Behebung der Schwierigkeiten beim Arbeiten mit dem Faltungsintegral

Wie oben erläutert, treten die Fehler aufgrund fehlerhaft durchgeführter Ableitungen auf. Aus diesem Grund ist es notwendig, beim Arbeiten mit solchen, im Zeitpunkt $t = 0$ beginnenden Funktionen $f(t)$ diese mit Hilfe der Distribution $w(t)$ für den gesamten $t$-Raum gültig zu machen. Definiert man:

$$f(t)\,w(t) = f(t) \lim_{N \to \infty} \frac{1}{1 + \mathrm{e}^{-Nt}} \quad \text{für} \quad -\infty < t < +\infty\,, \tag{28}$$

so gilt diese Funktion (besser: diese Distribution) im gesamten $t$-Raum und kann dort beliebig oft differenziert werden. Dabei sind die in Abschn. 3. zusammengetragenen Regeln zu beachten. Die Übergangsfunktion des CR-Hochpasses wird z. B.

$$h(t) = \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\,w(t)$$

und daraus nach Abschn. 3.1. die Gewichtsfunktion $g(t)$:

$$g(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\,h(t) = -\frac{1}{T}\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\,w(t) + \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\,\delta(t)\,, \tag{29}$$

bzw. nach Abschn. 3.3. in Übereinstimmung mit Gl. (11)

$$= -\frac{1}{T}\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\,w(t) + \delta(t)\,.$$

Mit dieser Gewichtsfunktion kann dann in der bekannten Weise nach Gl. (2) gerechnet werden.
Generell ist zu bemerken, daß bei (Zeit-) Funktionen, die bei einem bestimmten Wert $t_0$ der unabhängigen Variablen beginnen (dort also selbst oder deren Ableitungen unstetig sind), immer mit Distributionen gerechnet werden muß. Das gilt natürlich auch bei Anwendung der Gl. (1)!
Im oben betrachteten Fall der Berechnung der Antwortfunktion auf eine Rampenfunktion, die an einem CR-Hochpaß ansteht, hätte die Differentiation ebenfalls in dieser Weise durchgeführt werden müssen, d. h.

$$y(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \int_0^t ct\,\mathrm{e}^{-\frac{t-\tau}{T}}\,\mathrm{d}t =$$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[cTt - cT^2\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right)\right] w(t)\,, \tag{30}$$

und mit der Produktregel für die Differentiation ergibt sich

$$y(t) = \delta(t)\left[cTt - cT^2\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right)\right] +$$

$$+ w(t)\left[cT\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right)\right]. \tag{31}$$

Entsprechend Abschn. 3.3. wird der erste Term zu Null, so daß die normale Ableitung mit derjenigen der Distribution übereinstimmt. Damit ist das in Gl. (10) angegebene Ergebnis richtig. Wäre das nicht der Fall, so hätte die Rechnung nach Gl. (1) ebenfalls zu einem Mißerfolg führen müssen.

## 5. Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen zeigen:

a) Die Fehler treten stets dann auf, wenn bei Differentiationen nicht mit Distributionen gerechnet wird. Richtige Ergebnisse erhält man also stets, wenn mit Distributionen (z. B. nach Gl. (28)) unter Anwendung der Regeln nach Abschn. 3.1. bis 3.6. gearbeitet wird. Dann sind die Definitionen (1) oder (2) verwendbar.

b) Die in der Literatur sehr oft anzutreffende Definition (3) sollte grundsätzlich nicht verwendet werden, da sie nur dann richtige Ergebnisse liefert, wenn ohne Distribution gerechnet wird **und** nicht mehr als eine erste Ableitung erforderlich ist.

c) Die Gl. (3) läßt sich mit den in Abschn. 3. und 4. zusammengestellten Fakten leicht ableiten:

$$y(t) = x(t) * \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\,[w(t) \cdot h(t)]\,, \tag{32}$$

woraus nach der Produkt-Regel folgt:

$$y(t) = x(t) * h(t)\,\delta(t) + x(t) * h'(t)\,w(t)$$

und wegen Abschn. 3.3. und 3.4.

$$= x(t)\,h(0) + x(t) * h'(t)\,w(t)\,. \tag{33}$$

[In Gl. (32) ist $h(t)$ auch für $t = 0$ stetig!]
Wird z. B. durch entsprechende Differenzierglieder eine $n$-fache Ableitung der Übergangsfunktion nach der Zeit gefordert, so gilt:

$$y(t) = x(t) * \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\,\frac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}t^n}\,[w(t)\,h(t)]\,. \tag{34}$$

Wegen Abschn. 3.6. bzw. aus Gl. (32) wird entsprechend Gl. (3)

$$y(t) = x^{(n)}(t) * \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[w(t)\, h(t)]\,. \tag{35}$$

Wendet man Gl. (35) auf den oben behandelten Hochpaß mit Differenzierglied an, so ergibt sich leicht $x(t) = ct$; $h(t) = \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}$, d. h. in Übereinstimmung mit Gl. (16)

$$y(t) = -\frac{c}{T}\int_0^t \mathrm{e}^{-\frac{t-\tau}{T}}\,\mathrm{d}\tau = c\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\,.$$

Einen anderen Zugang von der physikalischen Anschauung her gewinnt man, wenn man die mit den Gln. (17) bis (20) definierten Funktionen

$$x_n(t) = t^n w(t) \tag{36}$$

als Eingangs-Test-Funktion für die Systemanalyse benutzt. Damit ergibt sich

$$x_{-1}(t) = \delta(t)\,, \qquad x_0(t) = w(t)\,, \qquad x_1(t) = t w(t) \quad \text{usw.}$$

d. h.

$$x_r = \int_0^t x_{r-1}(\tau)\,\mathrm{d}\tau\,. \tag{37}$$

Die entsprechenden Ausgangsfunktionen $y_n(t)$ werden in üblicher Weise für die Systemkennzeichnung benutzt [5]:

$$y_{-1}(t) = g(t)\,, \qquad y_0(t) = h(t)\,.$$

Anschaulich ist also $y_n(t)$ die Antwortfunktion auf eine Parabel $(n-1)$ter Ordnung. Für lineare Systeme gilt die Zuordnung

$$y_r = \int_0^t y_{r-1}(\tau)\,\mathrm{d}\tau\,. \tag{38}$$

Daher erhält man die verallgemeinerte Form für das Duhamel-Integral

$$y(t) = \frac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}t^n}[x(t) * y_{n-1}(t)]\,,$$

denn nach Abschn. 3.4. gilt:

$$y(t) = x(t) * \frac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}t^n}\left[\int \cdots \int g(\tau_r)\,\mathrm{d}\tau_1 \ldots \mathrm{d}\tau_n\right]. \tag{39}$$

Die Übereinstimmung mit Gl. (34) ist evident.

Zur Umgehung des Rechnens mit Distributionen ist jeweils mindestens der Wert für $n$ einzusetzen, für den erstmalig $y_r(+0) = 0$ wird. In unserem Beispiel nach Gl. (26) ist dies für $n = 2$ der Fall, d. h.

$$y(t) = \frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}\int_0^t c\tau\,\mathrm{e}^{-\frac{t-\tau}{T}}\,\mathrm{d}\tau = c\,\mathrm{e}^{-t/T}\,.$$

Schließlich kann man die von Gl. (32) ausgehende Ableitung der Gl. (3) schrittweise jeweils für $n > 0$ fortsetzen:

$$y(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left\{x(t) * \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[y_1(t)\; w(t)]\right\}$$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[x(t) * y_1(t)\,\delta(t) + x(t) * \dot{y}_1(t)\, w(t)]$$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\, x(t)\, y_1(+0) + x(t) * h(t)\, w(t)$$

$$= \dot{x}(t)\, y_1(+0) + x(t) * \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[h(t)\; w(t)]$$

und erhält

$$y(t) = \int_0^t x(t-\tau)\, g(\tau)\,\mathrm{d}\tau + h(+0)\, x(t) + y_1(+0)\, \dot{x}(t) +$$

$$+ \ldots\, y_r(+0)\, x^{(r)}(t) + \ldots$$

$$= \int_0^t x(\tau)\, g(t-\tau)\,\mathrm{d}\tau + \sum_{r=0}^{n} y_r(+0) \cdot x^{(r)}(t)\,. \tag{40}$$

Auch hier ist für $n$ jeweils mindestens der Wert einzusetzen, für den erstmalig $y_r(+0) = 0$ wird. Die obere Grenze der Reihe darf auch $\infty$ gesetzt werden, da die entsprechenden Glieder höherer Ordnung ohnehin Null sind. Bei unserem Beispiel ergibt sich

$$y_0(t) = h(t) = -\frac{1}{T}\,\mathrm{e}^{-t/T}\,,$$

$$y_1(t) = \mathrm{e}^{-t/T}\,,$$

$$y_2(t) = 1 - \mathrm{e}^{-t/T}\,,$$

d. h.

$$y_0(+0) = -\frac{1}{T}\,,$$

$$y_1(+0) = 1\,,$$

$$y_2(+0) = y_3(+0) \ldots y_r(+0) \ldots = 0\,.$$

Damit wird das Ergebnis unter Verwendung von Gl. (15)

$$y(t) = c\,\mathrm{e}^{-t/T} - c + c$$

in Übereinstimmung mit Gl. (16).

Die Beziehung wird auch verständlich, wenn man beachtet, daß nach Abschn. 3.4. eine $n$-mal differenzierte $\delta$-Funktion unter dem Faltungs-Integral durch eine einfache $\delta$-Funktion und eine $n$-mal differenzierte Zeitfunktion $x(t)$ ersetzt werden darf. Die auf das Faltungs-Integral folgenden Glieder in Gl. (40) berücksichtigen folglich die Distribution; das Faltungs-Integral selbst versteht sich also in dieser Gleichung grundsätzlich ohne Berücksichtigung der Distributionen. Damit ist die Beziehung gewonnen, die die der Definition (3) zugrunde liegenden Gedanken konsequent berücksichtigt.

## Literatur


[1] *Wunsch, G.:* Die Heavisidische Operatorenrechnung in neuer Begründung. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik 69 (1960) H. 4, S. 133.

[2] *Zadeh, L.; Desoer, C. A.:* Linear System Theory. New York/San Francisco/London: McGraw-Hill 1963.

[3] *Wunsch, G.:* Moderne Systemtheorie. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. 1962.

[4] *Philippow, E.:* Taschenbuch der Elektrotechnik in sechs Bänden. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.

[5] *Woschni, E.-G.:* Informationstechnik. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1981.

[6] *Wagner, K. W.:* Operatorenrechnung und Laplace-Transformation nebst Anwendungen in der Physik und Technik. Leipzig: Barth 1950.

[7] *Woschni, E.-G.:* Über Schwierigkeiten bei der Operatorenrechnung einschließlich der Heavisidischen Form und ihre Beseitigung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Maschinenbau Karl-Marx-Stadt 3 (1961) H. 4, S. 63–69.

[8] *Dobesch, H.; Sulanke, H.:* Zeitfunktionen. Berlin: VEB Verlag Technik 1970.

[9] *Dreszer, J.:* Mathematik-Handbuch. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1975.

[10] *Goodman, J. W.:* Introduction to Fourier-Optics. New York: McGraw-Hill 1968.

[11] *Bremermann, H.:* Distributions, Complex variables and Fourier Transforms. Massachusetts: Addison-Wesley Publ. Comp. Reading 1965.

[12] *Wladimirow, W. S.:* Gleichungen der mathematischen Physik. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1972.


mar 7478

Prof. Dr. sc. nat. *F. Baldeweg* und cand. Ing. *U. Fiedler*, Dresden[1])

# Dialog-orientierte Analyse von Ereignisgraphen — ein Verfahren zur Diagnose komplexer technologischer Anlagen

IA 1.1.8.

## 0. Einleitung

Der Beitrag nimmt auf Publikationen zur Thematik „Diagnose und Therapiesteuerung" Bezug [1] und [2], die in engem Zusammenhang mit den Bemühungen einiger Einrichtungen in der Welt zu sehen sind, Systeme der rechnergestützten Überwachung technologischer Anlagen zu entwickeln. Rechnergestützte Überwachung wird mit besonderer Aufmerksamkeit für Kernkraftwerke betrieben [3] bis [6]. Wesentliches Merkmal von Systemen dieser Art ist der Echtzeitcharakter.
Das in [1] und [2] beschriebene Verfahren basiert auf einem diskretdiskontinuierlichen Prozeßmodell, dem Ereignisgraphen. Es wurde bislang praktisch für Kardinalitäten von card $(E) \approx 10^2$ realisiert. Für Graphen mit größerer Kardinalität (z. B. $\approx 10^4$) erweist sich das verwendete Verfahren als unwirtschaftlich. Es muß effektiver werden, wenn die Diagnose einen pragmatischen Wert haben und Therapie überhaupt noch möglich sein soll.
Für die Lösung dieses Problems gibt es derzeit noch kein Rezept. Es bieten sich jedoch drei Wege an, die in Beziehung zueinander stehen.

1. Zerlegung des Ereignisgraphen in Teilgraphen derart, daß parallele Abarbeitung z. B. in einem Prozessornetz erfolgen kann; für einfache Bewertungen $B = \{0, 1\}$ bieten sich Methoden der angewandten Strukturtheorie an (Ermittlung der transitiven Hülle einer Struktur [6]).
2. Zusammenfassen von Ereignisteilmengen zu „Ereignissen höherer Ordnung". Damit werden Ereignisgraphen entsprechend höherer Ordnung gebildet (z. B. gerichtete hierarchische Hypergraphen [7]). Die Verarbeitung erfordert eine geeignete sprachliche Darstellung (z. B. LISP) in Verbindung mit einer Implementierung z. B. auf einem Prozessornetz.
3. Durchsuchen des Ereignisgraphen mit Hilfe von Algorithmen, die heuristische Elemente enthalten, d. h., die Reihenfolge der durchmusterten Knoten hängt von der Vorgeschichte, von den Merkmalen schon analysierter Knoten ab.

Mit dem Beitrag ist folgendes beabsichtigt:

1. Es wird ein Verfahren zur Analyse von Ereignisgraphen vorgestellt, das Elemente eines heuristischen Durchsuchens enthält und für die Diagnose des Anlagenzustandes einer technologischen Anlage vorgesehen ist. Dabei wird auf eine Behandlung der Therapie zunächst verzichtet. Sie ist Gegenstand der Weiterentwicklung des Verfahrens (s. Abschn. 3.).
2. Es soll sichtbar gemacht werden, daß die Weiterentwicklung des Verfahrens zu einem leistungsfähigen System der Diagnose unter Einschluß von Therapiesteuerung möglich ist, wenn Methoden der künstlichen Intelligenz integriert werden, wie z. B.
   - Methoden des Problemlösens und heuristische Suchverfahren
   - Methoden der Darstellung und der Reproduktion von Wissen
   - automatisches Beweisen u. a.

[1]) Mitteilung aus dem Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR, Bereich Reaktorphysik.

## 1. Theoretische Aspekte

Die kybernetische Aufgabe, ein gestörtes technologisches System (Basissystem, BS) in einen Normalzustand zu überführen, umfaßt die Teilaufgaben: Diagnose und Therapie.
Sie werden vom informationellen System (IS) realisiert. Das IS umfaßt die Teilsysteme: Operateur, automatisches IS und enthält demzufolge die Schnittstelle zwischen beiden Teilsystemen.
Diagnose heißt: Bewertung und Klassifikation des Zustandes der Anlage, Ermittlung von Ursachen eines gestörten Zustandes und dessen Konsequenzen.
Therapie heißt: Überführung der Anlage aus dem gestörten Zustand in einen Normalzustand.
Das im IS gespeicherte Modell der technologischen Prozesse, deren Träger das BS ist, läßt sich im gegebenen Fall als gerichteter Graph $\boldsymbol{G}$ notieren:

$$\boldsymbol{G} = [\boldsymbol{E}, \boldsymbol{B}_E, \boldsymbol{\Phi}]$$

mit

$\boldsymbol{E} = \{e_i\}$ — Menge der Ereignisse/Knoten
$\boldsymbol{B}_E$ — Menge der Kopplungen/Bögen
$\boldsymbol{\Phi}$ — Inzidenzfunktion; sie entspricht der Abbildung $\boldsymbol{\Phi}: \boldsymbol{B}_E \xrightarrow{\varphi} \boldsymbol{E} \times \boldsymbol{E}$; jedem $b \in \boldsymbol{B}_E$ ist ein geordnetes Paar $(x, y)$ zugeordnet mit: $(x, y) \in \boldsymbol{E} \wedge x$ präf. $y$.

Des weiteren gelten für

$$e_i \in \boldsymbol{E} \subseteq \boldsymbol{N} \times \boldsymbol{B} \times \boldsymbol{D} \times \boldsymbol{W} \times \boldsymbol{C}$$

mit

$\boldsymbol{N}$ — Menge der Bezeichnungen (z. B. „Wärmetauscher")
$\boldsymbol{B}$ — Menge der Bewertungen, z. B. $\boldsymbol{B} = \{0, 1, 2, 3\}$ mit
  0 — Zustand normal
  1 — Zustand gestört
  2 — Zustand gefährlich
  3 — Havarie
$\boldsymbol{D}$ — Menge zeitlicher Merkmale der Knoten, z. B. Reaktionszeiten, Verzögerungszeiten
$\boldsymbol{W}$ — Menge von Wahrscheinlichkeitsangaben, z. B. $p_{ij}$ für den Übergang $e_i \rightarrow e_j$
$\boldsymbol{C}$ — Menge sonstiger Bedingungen.

Der Zusammenhang zwischen Ereignis $e_i$ und Zustandskomponente $z_i$ sei

$$z_i = (e_i, t) \in \boldsymbol{Z} \subseteq \boldsymbol{E} \times \boldsymbol{T},$$

mit

$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_s \cup \boldsymbol{E}_e$ — Menge der Sensor- und Effektorereignisse; $\boldsymbol{T}$ — Menge von Zeitwerten, card $(\boldsymbol{T}) = \alpha$.
Der Zustand $\boldsymbol{z}(t)$ ergibt sich dann aus

$$\boldsymbol{z}(t) = (z_i)_k \; \Pi \boldsymbol{Z}^k = \boldsymbol{Z}.$$

Damit entspricht $\boldsymbol{z}(t)$ dem aktuellen Ereignismuster im Ereignisgraphen $\boldsymbol{G}$. $\boldsymbol{Z}$ spannt einen $k$-dimensionalen Zustandsraum auf. Unter der Voraussetzung, daß $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_e \cup \boldsymbol{E}_s$ und daß sich Störungen in $\boldsymbol{z}$ niederschlagen, ist die Darstellung des Systems im $k$-dimensionalen Zustandsraum vollständig.
Diagnose heißt demzufolge: Klassifikation des aktuellen Ereignismusters, d. h. Vergleich des aktuellen Ereignismusters $\boldsymbol{z}(t)$ mit den für die Klassen „normal" ($\boldsymbol{z}_N$) und „anomal" (nicht normal, gestört, Havarie) charakteristischen Mustern $\boldsymbol{z}_A$; Durchsuchen des Ereignisgraphen und Ermittlung des Fehlergraphen (Ursache-/Folgegraph).

Therapiesteuerung heißt: Ermittlung eines Steuervektors $u(t)$, der $z_A(t)$ in $z_N(t)$ überführt; $u(t)$ zu ermitteln bedeutet im allgemeinen: ein Steuerproblem im $k$-dimensionalen Zustandsraum zu lösen.
Das aber ist ein typisches Grundtransformationsproblem (GTP), das mit der Methode des Problemlösens der künstlichen Intelligenz behandelt werden kann [9].

## 2. Beschreibung des Verfahrens

In diesem Abschnitt wird das Verfahren beschrieben, das für die Diagnose gestörter Anlagenzustände entwickelt wurde und auf der Analyse von Ereignisgraphen beruht.

### *2.1. Verbale Beschreibung*

Das beschriebene IS ist ein Gewährleistungssystem. Eine wesentliche Komponente ist das Programmsystem SAAP. Es erfüllt folgende Aufgaben:

- Erfassung, Klassifizierung und Protokollierung von Meßwerten
- Störablaufanalyse und Schadensfrüherkennung (SAA, SFE; Diagnose)
- Ausgabe von Ursache- und Folgegraph (im Dialog)
- Überwachung der Einsatzbereitschaft der Sensoren (im Dialog)

Als Funktionsweise ist das Taktprinzip realisiert.
Nach Klassifikation der Meßwerte erfolgt der Vergleich des aktuellen Ereignismusters mit dem des letzten Taktes. Veränderungen werden gemeldet und als Eingabeinformationen für die Prozeduren SFE und SAA bereitgestellt. Die Prozeduren werden rekursiv abgearbeitet.
Als Grundlage dient der Ereignisgraph. Tritt ein Ereignis ein, so werden der zugehörige Knoten und die ermittelten Folgeknoten intern markiert. Die Menge dieser Knoten bildet den Fehlergraphen, bestehend aus Ursache- und Folgegraphen.
Für das Auffinden von Widersprüchen im Fehlergraphen wird eine spezielle Prozedur eingesetzt. Widersprüche entstehen z. B. dadurch, daß für eingetretene Ereignisse keine Ursachen ermittelt werden können. Dieser Fall ist mit großer Wahrscheinlichkeit defekten Meßstellen zuzuschreiben. Für die Menge der defekten Meßstellen gilt $S_D = S_B \cup S_U$;

$S_B$ — Meßstellendefekt bekannt

$S_U$ — Meßstellendefekt unbekannt.

Die Menge $S_B$ und die Menge $S_N$ (nicht angeschlossene Meßstellen) werden vom Operateur im Dialog mitgeteilt. Die Aufgabe des IS ist es, die Menge $S_U$ zu finden.

### *2.2. Programmbeschreibung*

Realisierung der Datenstrukturen:
Die Realisierung der Datenstrukturen umfaßt

- die Implementierung des Ereignisgraphen in Listentechnik
- die Implementierung der Zuordnungsvorschrift: Knotenbezeichnung — Adresse des Listenelementes und den
- Aufbau von Kellerspeichern (Behandlung des Fehlergraphen, rekursive Prozeduren)
- Der als Modell für den im technologischen System „Kernreaktoranlage" ablaufenden Prozeß verwendete Ereignisgraph wird in Listenform abgespeichert. Für jeden Knoten wird ein Listenelement implementiert. Ein Listenelement kann in der erweiterten Backus-Naur-Form folgendermaßen dargestellt werden:

⟨Listenelement⟩ := ⟨Knoten⟩ ⟨Knotenbewertung⟩
{Ursacheverweis in ODER-Verknüpfung} $\left.\begin{matrix} m \\ \emptyset \end{matrix}\right\}$
⟨{Kennzeichen für UND-Verknüpfung⟩
{Ursacheverweis in UND-Verknüpfung⟩ $\left.\begin{matrix} n \\ 2 \end{matrix}\right\}$ $\left.\begin{matrix} n \\ \emptyset \end{matrix}\right\}$
⟨Kennzeichen für Folgeverweise⟩
{⟨Folgeverweis in ODER-Verknüpfung⟩ $\left.\begin{matrix} q \\ \emptyset \end{matrix}\right\}$
{⟨Kennzeichen für UND-Verknüpfung⟩
{⟨Folgeverweis in UND-Verknüpfung⟩ $\left.\begin{matrix} s \\ \emptyset \end{matrix}\right\}$ $\left.\begin{matrix} 1 \\ \emptyset \end{matrix}\right\}$
⟨Endekennzeichen⟩,

dabei sind:

$m, n, p, q, s \in N$ Menge der natürlichen Zahlen
$m + n$ Anzahl der Ursacheknoten
$p$ Anzahl der UND-Tupel von Ursacheknoten
$q + s$ Anzahl der Folgeknoten.

Die Knotenbewertung dient zur Charakterisierung der Ereignisse:

. eingetreten/nicht eingetreten
. Ereignisklasse.

Für jede Meßstelle werden in Tabellenform folgende Informationen bereitgestellt:

. Intervallgrenzen für Meßwertklassifikation
. Meßwertklassen der letzten beiden Takte
. Adressen der zugehörigen Listenelemente
. Informationen über Einsatzbereitschaft der Meßstelle.
Entwickelte Algorithmen:

Das Programmsystem SAAP realisiert folgende Aufgaben:

- Meßwertverarbeitung (Eingabe, Protokollierung, Klassifikation)
- Aktualisierung des Fehlergraphen (Bestimmung von Veränderungen, Aufbau, Abbau)
- Ausgabe der Ergebnisse der Störablaufanalyse und Schadensfrüherkennung im Dialog (Ursache- und Folgegraphen)
- Meßstellenüberwachung im Dialog.

Die Prozeduren zur Analyse und Ausgabe von Graphen bzw. Teilgraphen arbeiten rekursiv und benutzen einen gemeinsamen Arbeitskeller. Jedes Kellerelement enthält einen Verweis auf das Listenelement des gekellerten Knotens und einen Vermerk über die aktuelle logische Verknüpfung.
Die Allgemeinheit von SAAP wird durch das Verwenden von Parametern gewährleistet

- Anzahl der Meßstellen
- Anzahl der Knoten
- Länge der Knotenbezeichnungen
- maximale Rekursionstiefe
- Kellerlänge.

Die Analyseprozeduren unterstützen das Prinzip der maximalen Sicherheit. Im Zweifelsfall wird der ungünstigere Fall „Ereignis ist eingetreten" angenommen.

## 3. Weiterentwicklung

Die Leistungsfähigkeit eines IS hat zwei Aspekte:

- die Entscheidungsfähigkeit
- die Reaktionszeit.

Entscheidungsfähigkeit ist das Verhältnis der für eine bestimmte Manipulation/Maßnahme durch das IS bereitstellbare Menge von

Entscheidungen zu der für diese Maßnahme notwendigen Menge. Je kleiner die Entscheidungsfähigkeit, um so größer ist das Risiko einer Manipulation/Maßnahme.
Erhöhung der Entscheidungsfähigkeit schließt demzufolge die Integration von Algorithmen ein, die Intelligenz repräsentieren und damit die Grenze zwischen manuellem und automatischem Anteil der Entscheidungsfindung im IS zugunsten der Automatik zu verschieben gestatten.
Die Reaktionszeit ist die Zeit zwischen Anforderung der Entscheidung und deren Realisierung. Sie hängt bei gegebenen Leistungsmerkmalen der Bauelemente von der Struktur der Hardware, von der Software, d. h. dem Umfang der verwendeten Algorithmen, aber auch von der Qualität der Mensch-Maschine-Kommunikation an der Schnittstelle Operateur—Automatisches IS innerhalb des IS ab.
Zielstellung ist eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit des IS, d. h. — bei gegebener Reaktionszeit — Erhöhung der Entscheidungsfähigkeit durch Verwendung intelligenter schneller Algorithmen und eine geeignete sprachliche Notation. Die Weiterentwicklung des Verfahrens zu einem leistungsfähigen System der Diagnose und Therapiesteuerung muß demzufolge Methoden und Hilfsmittel der „künstlichen Intelligenz" einschließen. Sie umfaßt im gegebenen Fall Teilaufgaben zur Lösung folgender Probleme:

— Veränderlicher Ereignisgraph:

Das Verfahren in seiner gegenwärtigen Version setzt einen zeitlich unveränderlichen Graphen voraus (d. h. zeitlich unveränderliche technologische Zusammenhänge). Im allgemeinen ist diese Voraussetzung nicht gewährleistet, z. B. werden Meßstellen, neue Teilsysteme eingefügt oder u. U. abgebaut.
In diesem Fall müssen Prozeduren zur automatisierten Manipulation der Datenstrukturen „Graph" und „Tabelle" entwickelt werden. Mit Hilfe solcher Prozeduren läßt sich auch der Umfang des Graphen einschränken. Bestimmte selten gebrauchte Teilgraphen werden erst — wenn nötig — in den Graphen eingefügt.

— Erkennen technologischer Zusammenhänge:

Das IS merkt sich oft auftretende Ereignismuster und kann daraus bisher noch nicht bekannte technologische Zusammenhänge erkennen, d. h., es konstruiert sich den Graphen selbst. (Dazu werden Methoden der heuristischen Suche, der Darstellung und Reproduktion von Wissen, des Lernens anzuwenden sein.)

— Verarbeitung von Ereignismustern:

Es ist zu untersuchen, inwieweit sich bestimmten Ereignismustern (Teilzuständen) direkt Ursache- und/oder Folgegraphen zuordnen lassen; damit würde sich die aufwendige Graphenanalyse z. T. vereinfachen (Verwendung von Methoden der Darstellung und Reproduktion von Wissen).

— Selbstüberwachung des IS:

Gegenwärtig meldet das IS — durch Dialog unterstützt — Meßstellen als defekt und veranlaßt zielgerichtet Maßnahmen durch den Bediener.
Eine weitere Automatisierung des Selbstüberwachungsvorganges — der z. B. Sensoren und Effektoren einschließt — konnte folgendes berücksichtigen:

- Einbeziehen bekannter Wahrscheinlichkeiten für den Ausfall von Sensoren/Effektoren
- Berücksichtigen der Ereignisse in der Umgebung evtl. defekter Sensoren/Effektoren
- Einbeziehen von Verzögerungszeiten zwischen den Ereignissen
- Speichern weiteren Wissens zur Unterstützung von Entscheidungen (Verwendung von Methoden des theoretischen Beweisens; der Darstellung und Reproduktion von Wissen; Lernen)

— Berücksichtigen stochastischer Zusammenhänge:

Der gegenwärtig verwendete Graph repräsentiert deterministische Zusammenhänge. Es wäre denkbar, ihn um stochastische Zusammenhänge zu erweitern (stochastischer gerichteter Graph).
(Verwendung von Methoden der Darstellung und Reproduktion von Wissen.)

— Einbeziehung von Therapiesteuerungen:

Im gegebenen Fall sind eine Reihe von bislang für die Diagnose diskutierten Teilaufgaben auch für die Therapiesteuerung zu lösen (Modelländerungen, Wahrscheinlichkeiten, Verzögerungszeiten u. a.).

Die Einbeziehung der Therapiesteuerung erfordert eine differenzierte Behandlung. Wichtig ist die Bestimmung der Klasse von Therapiereaktionen (z. B. Klassen: manuell und automatisch, $u^a$; innerhalb dieser Klassen: Klasse der Sofortreaktionen $u_{\text{Sofort}}$ (z. B. Havarieschutz), Klasse der Maßnahmen, denen eine Suche nach Störursachen vorausgehen $u_{\text{ur}}$, Klasse der Maßnahmen, die in Erwägung gezogen werden müssen, für den Fall, daß sich Störungen in einer bestimmten Richtung weiterentwickeln $u_{\text{folge}}$. Die Klasse der $u_{\text{ur}}$ könnte z. B. aus einer Datei ermittelt werden, die technologisches Wissen repräsentiert und aktiviert wird, sobald der Ereignisgraph bis zu den Blättern durchmustert ist.
In einer ausgebauten Stufe sollte das System in der Lage sein, unbekannte Ereignisgraphen zu erlernen und entsprechende Therapiemaßnahmen zu realisieren [10].

— Verwendung höherer problemorientierter Programmiersprachen (POL):

Im Zusammenhang mit den genannten Aufgaben ist die der Entwicklung und Anwendung einer geeigneten POL zu sehen. Diese POL sollte die Besonderheiten der Methode weitestgehend berücksichtigen können (dynamische Speicherplatzbehandlung, rekursive Prozeduren, hierarchische Struktur der Begriffe/Objekte/Knoten u. a.). Eine Sprache, die Grundlage für eine solche POL sein könnte, wäre LISP [11].

**Literatur**


[1] *Brack, G.; Baldeweg, F.:* Zu Fragen des Entwurfs von Systemen der Prozeßsicherung und Prozeßüberwachung. msr 23 (1980) H. 1, S. 12—25.
[2] *Baldeweg, F.; Gaßmann, F. H.:* Formale Beschreibung von Diagnose und Therapiesteuerung in einem gestörten diskontinuierlich-diskreten Basissystem. msr 23 (1980) H. 10, S. 575—579.
[3] *Baldeweg, F.:* On-line Alarm Analysis using Decision Table Technique. GRS-19 (1980) August, p. 301.
[4] *Meijers, C. H.; Frogner, B.; Long, A. B.:* A Disturbance Analysis System for on-line Power Plant Surveillance and Diagnosis. GRS-19 (1980) August, p. 213.
[5] *Felkel, L.; Grumbach, R.; Zapp, A.; Owre, F.; Trengereid, I. K.:* Analytical Methods and Performance Evaluation of the STAR Application in the Grafenrheinfeld Nuclear Power Plant. GRS-19 (1980) August, p. 283.
[6] *Patterson, D.:* Application of a Computerized Alarm-Analysis System to a Nuclear Power Station. Proceedings British IEE Vol. 115 (1968) No. 12.
[7] *Stoschek, E.:* Angewandte Strukturtheorie; Hüllenbildung, Anwendungen. Informationen der TU Dresden 08-13-80 (1980).
[8] *Boley, H.:* Directed recursive labelnode hypergraphs and their use as representations for knowledge. Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence 1975, Tbilissi USSR.
[9] *Sandewall, E. J.:* Heuristische Suche: Konzepte und Methoden. In: Künstliche Intelligenz und Heuristisches Programmieren. Wien/New York: Springer-Verlag 1975.
[10] *Holtz, K.; Langheld, E.:* Der selbstlernende und programmierfreie Assoziationscomputer. Elektronik (1978) H. 14/15, S. 39—53.
[11] *Stoyan, H.:* LISP-Programmierhandbuch. Berlin: Akademie-Verlag 1978.


msr 7437

Dipl.-Ing. *L. Stoitschev* und Dr.-Ing. *K. Heß*, Karl-Marx-Stadt[1])

# Beitrag zur Softwareerarbeitung für industrielle Steuerungen

IA 4.0.5.

## 0. Einleitung und Problemstellung

Der breite Einsatz von Mikrorechnern in der Prozeßautomatisierung erfordert neben neuen Lösungen auf dem Gebiet der Hardware vor allem auch Fortschritte auf dem Gebiet der Softwareerarbeitung. Gegenwärtig erfolgt die Programmierung mikrorechnergesteuerter Systeme vorwiegend unter Anwendung von Assemblersprache. Dadurch wird der Programmiervorgang erheblich erschwert [1] bis [5]. In letzter Zeit kann ein eindeutiger Trend in Richtung Anwendung höherer Programmiersprachen, besonders bei Einzelentwicklungen, verzeichnet werden. Dieser Prozeß ist durch das steigende Angebot an relativ billigen Hardwarebausteinen einerseits, andererseits durch das sich ständig erweiternde Einsatzgebiet von Steuerungen auf Mikroprozessor-Basis bedingt. Darüber hinaus ist zu beachten, daß die Kosten für einen Mikrorechnereinsatz zunehmend durch die Software bestimmt werden.

Die Anwendung einer höheren Programmiersprache darf nicht nur für die Softwareerarbeitung im engeren Sinne gesehen werden. Die Prinzipien der Programmierung sind in erster Linie als Entwicklungstechniken für das Gesamtsystem auszulegen. Damit ist sowohl auf das Hardwarekonzept zu orientieren als auch vor allen Dingen unter Zugrundelegung des zu behandelnden Problems die Softwareerarbeitung von der Analyse bis zur Synthese zu behandeln.

Das systematische Vorgehen beim Entwurf einer Steuerung beinhaltet i. allg. folgende Schritte:

— Systemanalyse
— Identifikation
— Synthese.

Mit der Aufstellung eines Systemmodells nimmt die aufgrund der Systemanalyse gewonnene Kenntnis über das Systemverhalten eine endgültige Gestalt an. Somit sind die wesentlichen Vorbedingungen für die Synthese geschaffen. Die Synthese kann dann weitgehend formal durchgeführt werden, wenn eine Menge elementarer Funktionsblöcke zur Verfügung steht und eindeutige Regeln zur Abbildung des Systemmodells auf diese Menge festgelegt sind. Im Fall einer Rechnersteuerung können die Menge der Funktionsblöcke als Rechnerhardware (abstrakter Rechner [9]) und die Abbildungsregel als Programmiersprache aufgefaßt werden. Wenn sich das Verhaltensmodell der Steuerung mit der Programmiersprache aufstellen läßt, die zur o. g. Abbildung dient, kann von einer Formalisierung der Synthese gesprochen werden. Unter diesem Aspekt ist die durch die Programmiersprache geleistete Unterstützung bei der Modellierung des steuerungstechnischen Problems von besonderer Bedeutung.

Zur Softwareerarbeitung für industrielle Steuerungen können problem- bzw. verfahrensorientierte Programmiersprachen verwendet werden [1]. Die Anwendung problemorientierter Programmiersprachen [1] bis [3] erweist sich angesichts der Vielfalt der Anwendungsfälle als zweckmäßig. Die zur Zeit bekannten Sprachen haben allerdings den Nachteil, sehr spezifisch und zu fest mit konkreter Hardware verbunden zu sein. In der Praxis können nur bestimmte Teilprobleme rein fachspezifisch formuliert werden. Gleichzeitig äußert sich die Problemorientiertheit vor allem in der Einführung fachspezifischer Variablentypen und Operationen. Das ist als eine notationelle Erleichterung und weniger als eine steuerungstechnisch wesentliche Maßnahme einzuschätzen.

Die Steuerung eines technischen Prozesses hat i. allg. die koordinierte Bearbeitung mehrerer, gegebenenfalls gleichzeitig laufender Aufgaben, unter Berücksichtigung von zum Teil stochastisch ankommenden Eingangssignalen, zu sichern. Zur Bewältigung dieser Problematik sind in verfahrensorientierten Programmiersprachen (Echtzeitsprachen) entsprechende Synchronisationselemente integriert. Moderne Echtzeitsprachen bieten diesbezüglich rationelle Lösungsvarianten an [4] und [5]. Ihre Strukturkonzepte unterstützen andererseits die Erarbeitung gut strukturierter und zuverlässiger Programme. Der Nachteil solcher Programmiersprachen ist in einer starken Anlehnung an die Multiprogramming-Problematik zu sehen. Dort wird vor allen Dingen auf die Beschreibung rein sequentieller Teilabläufe orientiert, die zueinander parallel (nebenläufig) abgearbeitet werden können. Diese Vorstellung bedingt auch den Verzicht auf den Interrupt in solchen Programmiersprachen. Das kann zwar logisch begründet werden [4], erweist sich aber bei der Programmierung von Steuersystemen als eine strenge Einschränkung ([6], Sekt. III).

Aus diesen Darlegungen ist zu ersehen, daß die bekannten Programmiersprachen gewisse Nachteile bei der Formulierung steuerungstechnischer Probleme aufweisen. Als Ursache dafür ist die dominierende Stellung der einen oder der anderen Seite — technischer Prozeß oder Rechner — in der Sprache zu erkennen.

In diesem Beitrag wird die Konzeption einer höheren Programmiersprache zur Programmierung industrieller Steuerungen: MODÉS — **MOD**ulare Beschreibung **E**reignisgesteuerter **S**ysteme (nachfolgend auch als Steuersprache bezeichnet) vorgestellt, die o. g. Nachteile nicht aufweist und als Hilfsmittel der Systemanalyse und des Systementwurfs dienen soll.

## 1. Systemtheoretische Grundlagen

Zur Unterstützung eines systematischen Vorgehens beim Steuerungsentwurf soll die Programmiersprache im Zusammenhang mit einer Entwurfsmethodik gesehen werden [2]. Dafür müssen vor allem die aus systematischer Sicht wesentlichen, verhaltensbeschreibenden und bestimmenden Aspekte des Gesamtsystems Prozeß-Steuerung herausgestellt werden. Auf dieser Grundlage sind dann die zur Verhaltensbeschreibung (und -bestimmung) benötigten Grundelemente der Steuersprache festzulegen. Ein derartiges Herangehen an die Lösung der Problematik ist, obwohl zunächst sehr abstrakt, zu bevorzugen. Es erlaubt (und zwingt zugleich), steuerungstechnisch relevante Aspekte und keine prozeß- bzw. rechnerspezifischen Details in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu stellen. Es wird also ein problemorientiertes Herangehen gewählt, wobei das Stichwort „Steuerung" die Problemspezifik bestimmt.

Diesen Überlegungen folgend, soll zunächst ein Strukturkonzept der Steuerung vorgestellt werden. Grundgedanke dabei ist die Zerlegung der Steuerung in zwei Ebenen, die Z- und die A-Ebene, denen unterschiedliche Aufgaben zugewiesen sind. Die A-Ebene (Aktionsebene) enthält Funktionsblöcke (Aktionsträger), welche die durch die Steuerung auszuführenden Aktionen realisieren. Die Z-Ebene (Koordinationsebene) übernimmt die Koordination der Verarbeitungssequenz. Sie bestimmt also die Reihenfolge der Ausführung von Aktionen in der A-Ebene (Bild 1). Der Vorteil dieses Strukturkonzeptes besteht darin, daß der steuerungstechnisch wesentliche Teil und seine Aufgabe mit der Z-Ebene eindeutig bestimmt sind. Auf dieser Grundlage kann das Konzept der Steuersprache präzisiert werden. Mit der Steuersprache soll das Verhalten der Z-Ebene einer Steuerung adäquat beschrieben werden können. Zur Beschreibung der A-

[1]) Mitteilung aus der TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik, WB Prozeßautomatisierung und Automatisierungsgeräte.

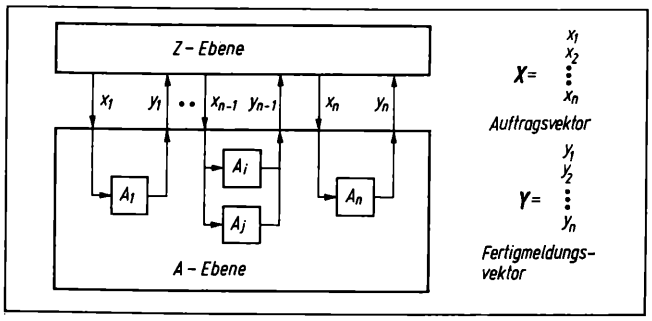



**Bild 1. Teilung des Steuersystems in zwei Ebenen**

Ebene (die prozeß- bzw. hardwarespezifisch ist) können andere geeignete Beschreibungsmittel verwendet werden. Wichtig für die Implementierung der Steuerung ist das Vorhandensein entsprechender Schnittstellen.

Eine Besonderheit industrieller Steuerungen ist die geforderte asynchrone Arbeitsweise. Diese Seite der Systemrealität ist in das Strukturkonzept von Bild 1 einzuordnen. Dafür soll Nebenläufigkeit zwischen den Aktionen zugelassen werden. Zur Darstellung dieser Problematik ist ein geeignetes Modellverhalten zu wählen. Als Ausgangspunkt dient die Aufgabe der Z-Ebene, eine Koordination der Verarbeitungssequenz von Aktionen zu realisieren. Im folgenden wird zwecks anschaulicher Darstellung die (einmalige) Ausführung einer Aktion (gekennzeichnet mit Anfang und Ende der Ausführung) als Ereignis bezeichnet. Dabei wird die Zeitdauer der Ausführung zunächst nicht betrachtet. Auf diese Weise kann die Arbeit der Steuerung als entsprechender Ereignisfluß dargestellt werden, wobei die einzelnen Ereignisse nacheinander oder gleichzeitig auftreten können.

Das gewählte Modell wird in Anlehnung an [10] formal „Überführungssystem" genannt. Ein Überführungssystem ist definiert als das Paar $(S, \dot{U})$, wobei $S \subseteq p(Q)$ ($-p(..)$: Potenzmenge-), $Q$ eine endliche Zustandsmenge und $\dot{U}$ eine binäre Relation auf $S$ ($S$ Überführungsmenge) ist. Wenn $s, s' \in S$ und $\ddot{u} \in \dot{U}$, dann soll $s\ddot{u}s'$ eine unteilbare Überführung (Übergang) von der Zustandsuntermenge $s$ in die Zustandsuntermenge $s'$ bedeuten. Jeder solche $q_i \in s'$ stellt das Ergebnis von Aktionen, deren Abarbeitung in $s$ erlaubt wird, dar. Zustände können also als Speicherung (Merker) von Ereignissen und Überführungen als Auftreten von Ereignissen aufgefaßt werden. Um die Darstellung eines Überführungssystems zu erleichtern, werden die Ereignisse, die den Überführungen entsprechen, mit entsprechenden Bezeichnungen (Namen) versehen. Somit entsteht ein „bezeichnetes Überführungssystem", das als ein Tripel $(S, \dot{U}, N)$ definiert ist, wobei $(S, \dot{U})$ ein Überführungssystem ist, und den Überführungen Namen in der Menge der Namen $N$ zugewiesen werden.

Die Freigabe einer Überführung wird mit der Erfüllung einer zugeordneten Bedingung gegeben. Diese Bedingung kann als Konjunktion $K(s)$

$$K(s): \bigwedge_{i=0}^{n} P(q_i), \qquad q_i \in s$$

mit $p(q_i)$ einstelligen Prädikaten über $s$ gegeben werden. Es soll an dieser Stelle betont werden, daß in den Bedingungen Aussagen über die Zustandsmenge und nicht über die Überführungsmenge verknüpft sind. Überführungen sind also a priori kausal unabhängig; kausale Beziehungen lassen sich zwischen ihnen nur indirekt über die Zustandsmenge herstellen. Kausal unabhängige zeitliche Erscheinungen stehen in Nebenläufigkeitsbeziehungen zueinander [7], sie können also nebeneinander, d. h., auch unter Umständen gleichzeitig, auftreten.

Bei der Beschreibung der Z-Ebene ist es im Hinblick auf die Realisierung von Bedeutung, zwischen Steuer- und Datenzuständen zu unterscheiden. Damit kann die Zustandsmenge als Mengenprodukt $Q = E \times D$ dargestellt werden, wobei $E$ eine Menge von Steuerzuständen und $D$ eine Menge von Datenzuständen sind.

Das vorgestellte Modell ist allgemein genug und kann zur semantischen Darstellung der Arbeitsweise der Z-Ebene benutzt werden. Besonders günstig ist auch die klare Beziehung zur A-Ebene. Die Überführungen in der Z-Ebene werden als Ereignisse verstanden, und diesen Ereignissen sind eindeutig Aktionsausführungen in der A-Ebene zugeordnet.

Das Überführungssystem läßt sich mit gewissen Einschränkungen automatentheoretisch als ein zusammengesetzter Automat darstellen. Die Zustandsmenge des Überführungssystems entspricht dann der Zustandsmenge dieses Automaten. Die Überführungen können in Abhängigkeit vom Abstraktionsniveau als Zustandsübergänge im Automaten oder als die Überführung realisierende Teilautomaten gesehen werden. Letztere Interpretation wird im Hinblick auf die formulierte Steueraufgabe und die Strukturvorstellung bevorzugt. Auf dieser Grundlage lassen sich auch Beziehungen zwischen Überführungssystem und Petri-Netzen [7] und [8] herstellen. Petri-Netze sind ein geeignetes Modellierungsmittel zur Darstellung und Untersuchung nicht-sequentieller Prozesse. Die Modellierung mit ihrer Hilfe bietet potentielle Vorteile [8], setzt aber das Vorhandensein einer problemspezifischen Interpretation voraus (Petri-Netze sind ein uninterpretiertes Modellierungsmittel). Solche Interpretation kann anhand des Überführungssystems gewonnen werden. Dafür werden den Mengen $Q$ (mit der Einschränkung $Q = E$) und $\dot{U}$ des Überführungssystems entsprechend die Mengen $P$ (der Plätze) und $T$ (der Transitionen) des Petri-Netzes zugeordnet, wobei die dargelegten Überlegungen über Semantik von $Q$ und $\dot{U}$ beibehalten werden (Bild 2).

Die Einführung von Petri-Netzen zur Modellierung der Abläufe in der Z-Ebene macht das Vorhandensein des Überführungssystems als konzeptionelle Untermauerung nicht überflüssig; sie ist aber aufgrund der grafischen und eindeutigen Natur der Darstellung angesichts der hohen Abstraktheit des Überführungssystems nützlich für die Praxis.

## 2. Grundkonzept der Steuersprache

Auf der Grundlage der systemtheoretischen Untersuchungen von Abschn. 1. können die Elemente einer Steuersprache bestimmt werden. Dazu gehören:

- Elemente zur Veranlassung der Ausführung von Aktionen (in der A-Ebene)
- Elemente zur Darstellung von Zuständen, in denen durch die Aktionen ausgelöste Ereignisse aufgezeichnet werden
- Elemente zur Formulierung von Bedingungen (logische Aussagen über Zustände).

Die Elemente der ersten Gruppe können als Namen (vgl. Abschn. 1.) der Aktionsträger verstanden werden. Die Aktivierung und die einmalige Ausführung werden durch den Namen repräsentiert.

Zur Darstellung der Zustände werden zwei Variablentypen verwendet — Ereignisvariable und Datenvariable — entsprechend den Zustandsmengen $E$ und $D$. Ereignisvariable sind binäre Variable, in denen Meldungen über Auftreten gewisser Ereignisse bis zur Kenntnisnahme (Verbrauch) gespeichert werden. Datenvariable sind als mehrwertige Variable definiert. Dabei kann ihr Wertbereich bei der Deklaration bestimmt werden. Diese Variablen werden nicht „verbraucht", sie beinhalten also eine „Ist"-Information. Im Grunde genommen sind diese Variablen nicht Bestandteil der vollständigen Basis, weil sie durch mehrere Ereignisvariable ersetzt werden können (automatentheoretisch sind sie Speicherautomaten). Sie wurden zur Erhöhung der Beschreibungskraft eingeführt.

Die Prädikate zur Freigabe der Ausführung von Aktionen haben die allgemeine Form einer Sequenz von Bedingungen. Diese Sequenz beschreibt die Reihenfolge, in der Bedingungen erfüllt werden müssen, damit eine entsprechende Aktion gestartet wird.

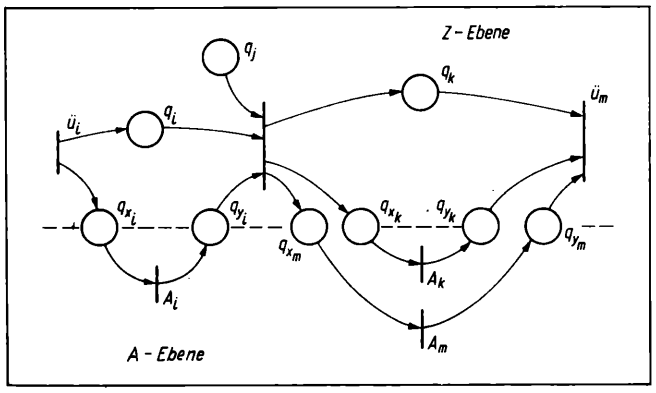



Bild 2. Petri-Netz-Darstellung des Überführungssystems

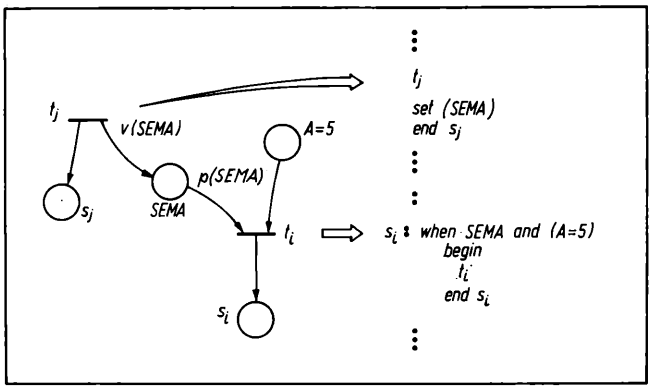



Bild 3. Petri-Netz-Darstellung von P- und V-Operationen auf eine Semaphore-Variable (SEMA) und entsprechender Programmauszug

Die Bedingungen sind konjunktive Verknüpfungen von Ereignisvariablen oder von logischen Ausdrücken. Da in den logischen Ausdrücken auch mehrwertige Variable auftreten können, werden dort außer logischen Operatoren (NOT, AND, OR) auch Vergleichsoperatoren, und in einer erweiterten Version auch Addition, Subtraktion und Module-Operation, zugelassen. Zur Veranschaulichung wird der Auszug aus einem Steuerprogramm vorgestellt:

```
⋮
S3: when S2 seq
        DECKEL = ZU and KORB = OBEN
    begin
        KORB_HEBEN
        LUFT_KLAPPE (AUF)
        set (OK := NEIN)
    end S3
S4: when S3 seq KORB = NICHT_OBEN
    begin
        LUFT_KLAPPE (ZU)
    end S4
⋮
```

Dieses Beispiel enthält die Aktionen KORB_HEBEN und LUFT_KLAPPE. Ereignisvariable sind hier S2 (ein Unterbrechungssignal), S3 und S4 (im Automatengraph des Anwenders sind es Zustände); DECKEL, KORB und OK sind Datenvariable. Die Freigabe-Prädikate werden zwischen „when" und „begin" und die Überführungen zwischen „begin" und „end" eingeschlossen.

Mit den Grundelementen der Steuersprache läßt sich die Steueraufgabe (Koordination der Ablaufsequenz von Aktionen) adäquat beschreiben. Wesentlich hierbei sind zwei Aspekte:

- die gezwungene sequentielle Darstellung algorithmischer Programmiersprachen entfällt; die Aktionen sind anfangs kausal unabhängig, und erst bei der Programmierung werden ablaufbestimmende Bedingungen festgelegt (dabei muß keine implizite Sequentialität berücksichtigt werden)
- das Geschehen wird durch das Auffinden von Ereignissen bestimmt (ereignisgesteuerter Ablauf).

Die beiden Aspekte sind besonders wichtig für die Beschreibung nicht-sequentieller Abläufe. So z. B. können Unterbrechungssignale auf eine einfache und natürliche Weise dargestellt werden (Ereignisvariable); Synchronisieranweisungen können leicht von Programmflußanweisungen unterschieden werden. An sich sind Operationen auf Ereignisvariablen äquivalent der P- und V-Operationen auf binären Semaphoren [8] (Bild 3). Unabhängig davon werden weitere Synchronisationselemente eingeführt — die sog. Warteschlangen-Variablen, mit denen weiterhin Nachrichten zwischen den Teilautomaten ausgetauscht werden können (Bild 4).

Neben diesen Grundelementen enthält die Steuersprache auch Elemente, die von anderen höheren Programmiersprachen übernommen wurden. So z. B. sind Typendefinitionen zugelassen (wie in PASCAL). Außerdem dürfen die Überführungen nicht nur Aktionsrufe, sondern auch sequentielle Programmteile (mit lokalen Variablen) enthalten. Auf diese Weise wird die Beschreibungskraft der Sprache effektiv erhöht.

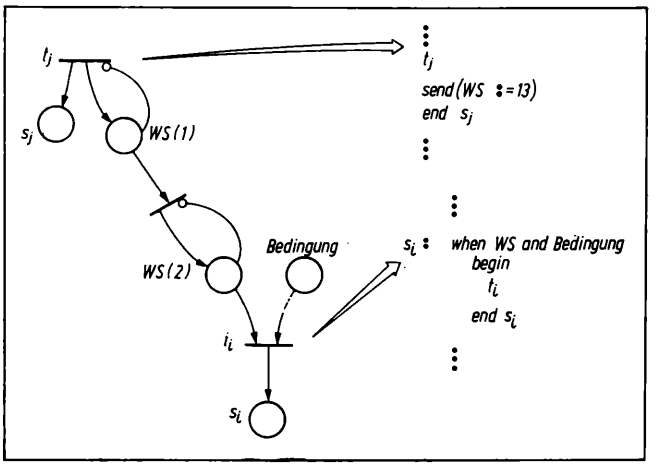



Bild 4. Petri-Netz-Darstellung einer zweistelligen Warteschlangen-Variablen WS und entsprechender Programmauszug

## Zusammenfassung

Es wurden konzeptionelle Grundlagen und Basiselemente einer höheren Programmiersprache zur Programmierung industrieller Steuerungen (MODES) vorgestellt. Dabei sollte vor allen Dingen verdeutlicht werden, daß diese Basiselemente über systemspezifische Betrachtungen erarbeitet werden können und müssen. Abschließend sollen die wesentlichen Aspekte der Gestaltung und Anwendung von MODES aufgezählt werden:

- Durch MODES wird die Methode der asynchronen Programmierung [1] und [2] unterstützt. Das ist für die Softwareerarbeitung für industrielle Steuerungen unbedingt zu gewährleisten.
- Mit der Einführung von Ereignisvariablen lassen sich Interrupts auf natürliche Weise mit MODES darstellen.
- Durch das Ignorieren der üblichen sequentiellen Darstellung wird übersichtliche Notierung erreicht.
- Es läßt sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der MODES-Beschreibung und anderen, z. B. grafischen Beschreibungsmitteln (Zustandsgraphen, Petri-Netzen), herstellen. Diese können bei der Synthese und Analyse verwendet werden.
- Aktionsträger können als Hardware oder Software implementiert werden. Die softwaremäßige Implementierung läßt Anwendung verschiedener Programmiersprachen unterschiedlichen Niveaus zu.

— Da die Problemorientiertheit weitgehend in den Aktionen enthalten ist, kann MODES zur Programmierung unterschiedlicher Probleme verwendet werden.
— Es besteht eine klare Trennung zwischen Synchronisierung und Steuerfluß der sequentiellen Teilabläufe. Somit wird die Programmierung von Multiprocessing-Problemen erleichtert. Die Einführung von Warteschlangen-Variablen trägt dazu bei.

**Literatur**


[1] *Lauber, R.:* Prozeßautomatisierung I. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1976.

[2] *Schmidt, G.:* Fachtagung Prozeßrechner 1977. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1977.

[3] *Syrbe, M.; Will, B.:* Automatisierungstechnik im Wandel durch Mikroprozessoren. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1977.

[4] *Wirth, N.:* Toward a Discipline of Real-Time Programming. CACM, Vol. 20. No. 8, pp. 577–783.

[5] *Cornhill, D.; Gordon, M.:* ADA — the latest words in process control. Electronic Design, Vol. 28, No. 18, pp. 111–116.

[6] *Williams, J.; Fisher, D.:* Design and Implementation of Programming Languages. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1977.

[7] *Petri, C. A.:* Nicht-sequentielle Prozesse. GMD-ISF, Int. Bericht 76-6.

[8] *Agerwala, T.:* Putting Petri Nets to Work. COMPUTER (1979) Dec., pp. 85–94.

[9] *Habermann, A.; Flon, L.; Cooprider, L.:* Modularization and hierarchy in a family of operating systems. CACM, Vol. 19, No. 5, pp. 266–272.

[10] *Keller, R. M.:* Formal Verification of Parallel Programms. CACM, Vol. 19, No. 7, pp. 371–384.


msr 7438


Prof. Dr. sc. techn. *H. Schröder* und Dr.-Ing. *S. Geyler* †, Zwickau[1])


# Zur Steuerung einer umfangreichen und verketteten Maschinenbelegung

IA 1.1.9.; 5.6.2.

## 1. Problemstellung

Es wird von der Fertigung eines breiten Sortimentes von Einzelteilen auf einer großen Anzahl von Maschinen ausgegangen. Diese Einzelteile sollen überwiegend für die Belieferung der Montagebereiche bestimmt sein.
Die Herstellung der meisten Einzelteile erfordert Maschinenverkettung.
Transportlose, die zwischen verketteten Maschinen übergeben werden, sollen — abhängig vom jeweiligen Teil — Werte von 1 bis Auftragslosgröße annehmen können. Die Herstellung der Einzelteile erfolgt — je nach Art — regelmäßig in aufeinanderfolgenden Planabschnitten bzw. in größeren Zeitabständen. Speicherplatz und Speicherdauer für angearbeitete und fertige Teile seien eng limitiert.
Unter solchen Bedingungen dürfen Ziele wie die Minimierung von

a) Gesamtbearbeitungsdauer
b) Gesamtstillstandsdauer
c) Gesamtliegedauer
d) Zwischenlagerungskosten
e) Gesamtproduktionskosten

nicht vorbehaltlos verfolgt werden.
So könnten die Minimierungen a) und b) zu Disproportionen und unerwünscht großen Vorräten führen im Widerspruch zur Minimierung d), und die Minimierungen c) und d) hätten u. U. zur Folge, daß Wartedauern der Arbeitskräfte und Arbeitsmittel auftreten, deren Kosten das 30- bis 100fache der zu ihrer Vermeidung notwendigen Zwischenlagerungskosten betragen [1] bis [3].
Bei der Minimierung e) müßte die termingemäße Auslieferung der Produkte gemäß Sortiments- und Mengenplan gesichert sein. Vorrangig ist die durchgängige Montage des Endproduktes durch die Steuerung der Maschinenbelegung zu gewährleisten. Losgrößen sind von Planabschnitt zu Planabschnitt weitgehend beizubehalten.

[1]) Mitteilung aus der IH Zwickau, Abteilung ORZ.

Nur um permanenter Überlastung von Maschinen zu begegnen, dürfen dauerhaft Fertigungslose vergrößert werden.
Nehmen Umfang sowie Schwierigkeit operativer Entscheidungen und operativer Eingriffe z. B. hinsichtlich Einsatz zusätzlicher Arbeitskräfte bzw. Aufwendung außerplanmäßiger Arbeitszeit wesentlich zu, obwohl die Maschinenbelegung mit hoher Aktualität durch EDV gesteuert wird, so sind außer der o. g.

— Vergrößerung der Fertigungslose und der damit verbundenen Änderung von Teilevorräten zusätzlich die Maßnahmen:
— Investition zur Kapazitätserweiterung
— Verbesserung der Technologie
— Verbesserung des Bedienregimes (evtl. Vergrößerung des Arbeitskräftefonds)
— Einführung einer erweiterten Arbeitszeit an Engpaßmaschinen
— bevorzugte vorbeugende Instandsetzung und Pflege der Engpaßmaschinen, -werkzeuge und -vorrichtungen evtl. außerhalb der planmäßigen Arbeitszeit

in Betracht zu ziehen. Unter diesen Umständen ist im konkreten Fall zu beurteilen, ob ein erhöhter Berechnungsaufwand — z. B. durch häufigere Durchführung der Maschinenbelegungsberechnung — oder eine der oben angegebenen Maßnahmen sich vorteilhaft eignen, Abhilfe zu schaffen. Bei der Festlegung der Bearbeitungsbeginnzeitpunkte müssen die Produktionsplanvorgaben für die Planabschnitte und die Teilevorräte berücksichtigt werden. Die Erfassungen der Vorratsstückzahlen sind jedoch nicht immer möglich, so daß auf Datum, erreichte Fortschrittszahlen, geplante Fortschrittszahlen, Aussonderungen und Verbrauchsintensität Bezug zu nehmen ist.
Der Bestand $xb_i(t)$ der Teile von Arbeitsgang $i$ zum Zeitpunkt $t$ beträgt:

$$xb_i(t) = fze_i(t) - fz_i(t) \tag{1}$$

$fze_i(t)$ erreichte Fortschrittszahlen, nach Gütekontrolle ermittelt
$fz_i$ Sollfortschrittszahl
$A_i$ Arbeitsgangtupel Menge aller zum Arbeitsgang $i$ notwendigen Angaben
$t_i$ errechneter Beginntermin für $A_i$
$xs_i$ Sicherheitsbestand der Teile von $A_i$

$xa_i$ Auftragsstückzahl der Teile
$xv_i$ Vorlaufstückzahl der Teile
$iv_i(t)$ Intensität des Verbrauchs der zu $A_i$ gehörenden Teile
$d_i$ Operationsdauer je Stück des $A_i$
$de_i$ Operationsdauer je Stück in der letzten Maschine der Maschinenkette
$t$ Datum

Der errechnete Beginntermin für unverkettete $A_i$ ergibt sich zu (Bild 1)

$$t_i = \frac{xb_i(t) - xs_i}{iv_i(t)} - xa_i \cdot d_i + t \,. \tag{2}$$

Für Beginntermine verketteter $A_i$ gilt (Bild 2)

$$t_i = \frac{xb_i(t) - xs_i}{iv_i(t)} - sdtr_i - xa_i \cdot de_i + t \tag{3}$$

$y_i$ Stellennummer in der Maschinenkette, $z_i$ Anzahl der Maschinen (Arbeitsgänge) in der Kette, $dtr_i$ Bearbeitungsvorsprung von $A_i$ vor dem nachfolgenden Arbeitsgang $A_{ina}$, $sdtr_i$ Summe der $dtr_i(v)$ in der Kette von $v = y_i$ bis $z_i - 1$, wobei die $dtr_i$ so günstig bemessen sein sollen, daß in der Kette keine Stillstandszeiten infolge fehlender Werkstücke auftreten.
Der errechnete Umrüsttermin folgt aus:

$$tr_i = t_i - dr_i \,. \tag{4}$$

$dr_i$ Umrüstdauer, $xaa_i$ Auslieferungsstückzahl, $c_i \cdot xs_i$ Stückzahl, die im Fall geplanter Auslieferungsverspätung noch verbraucht werden darf ($c_i < 1$)
Die maximal zulässige Fertigungsbeginnverspätung $do_i$ folgt aus:

$$do_i = c_i \cdot xs_i / iv_i(t) \,. \tag{5}$$

Für die maximal zulässige Verfrühung $du_i$ des Bearbeitungsbeginns sind z. B. Korrosion und Verschmutzung mitunter auch Platzmangel ausschlaggebend. Der geplante Bearbeitungsbeginn $tg_i$ muß dann im Zeitintervall $(t_i - du_i, t_i + do_i)$ liegen

$$tg_i \in \{t \mid t_i - du_i \leqq t \leqq t_i + do_i\} \tag{6}$$

und der geplante Umrüsttermin $trg_i$ ergibt sich mit der Umrüstdauer $dr_i$ zu

$$trg_i = tg_i - dr_i \,. \tag{7}$$

## 2. Auswahl eines geeigneten Maschinenbelegungsverfahrens

Durch die Bedingungen, die bei großer Maschinenanzahl und breitem Sortiment vorliegen, wie

a) Fertigungsstrecken mit Transportlos $xtr_i$

$$1 \leqq xtr_i \leqq xa_i$$

und dadurch bedingte Rüsttermin-Staffelung

b) Häufigkeit der Herstellung von $xa_i$ Teilen im Planabschnitt — hier als Losfrequenz $f_i$ bezeichnet — ist von der Art der Einzelteile abhängig, und beispielsweise gilt

$$f_i \in \{1/\text{Jahr}, 2/\text{Jahr}, 4/\text{Jahr}, 0.25/\text{Woche}, 0.5/\text{Woche}, 1/\text{Woche}\}$$

c) für Anzahl der Arbeitsgänge $z_i$ zur Herstellung eines Teiles der Sachnr. $(i)$ ist z. B.

$$z_i \in \{1, 2, \ldots, Z\}$$

d) die Maschinenbelegung läßt sich allein für echte Teilmengen von Maschinen wegen des Austausches von Einricht- und Bedienpersonal zwischen diesen Teilmengen nur sehr eingeschränkt durchführen

e) Einordnungen der geplanten Fertigungsbeginntermine $tg_i$ haben nach Beziehung (6) zu erfolgen.

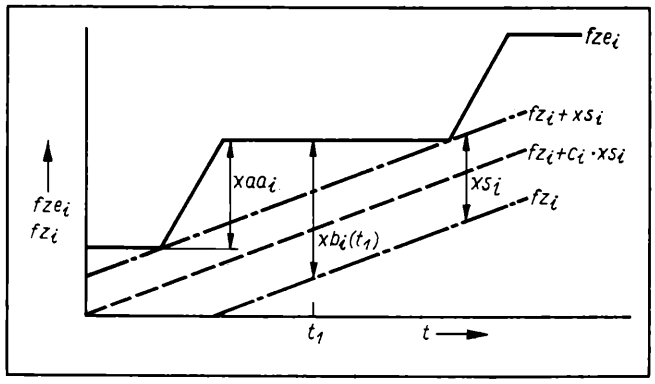



Bild 1. Fortschrittszahlen in Abhängigkeit von der Zeit

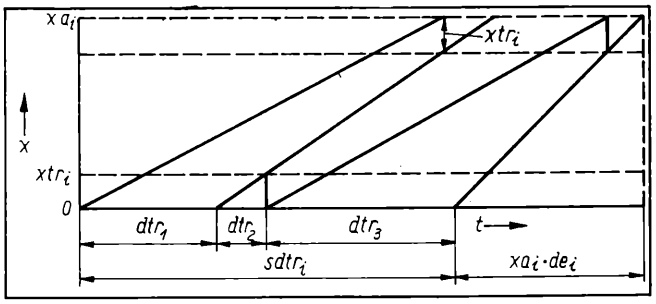



Bild 2. Staffelung der Beginntermine bei Verkettungen (am Beispiel 4 verketteter Maschinen)

f) Leit- und Folgeteilbeziehungen müssen berücksichtigt werden, z. B. die Herstellung der Folgeteile aus Abfällen der Leitteilfertigung

g) kurzfristige Änderungen von $f_i$, $xa_i$, $xs_i$, $xtr_i$ sind unzulässig,

lassen sich übliche Maschinenbelegungs-Optimierungsverfahren nicht anwenden.
Exakte Lösungsverfahren scheiden schon wegen des Problemumfangs aus [1], und von den Näherungsverfahren der diskreten Optimierung kommen u. a. wegen der Bedingungen a), e) und f) stochastische Suchverfahren nicht oder höchstens in verstümmelter Form in Betracht. Außerdem würde der Problemumfang nicht bzw. nicht wesentlich reduziert. Bedeutung für die Lösung des hier geschilderten Problems haben jedoch heuristische deterministische Verfahren und davon — wegen des großen Umfangs des Problems und der Abstände der Maschinenbelegungsberechnungen $\leqq$ 1 Woche — insbesondere das Eröffnungsverfahren.
Durch suboptimierende Iterationsverfahren lassen sich mitunter gegenüber Ergebnissen der Eröffnungsverfahren verbesserte Lösungen finden. Dieser Gewinn — mit großem Rechenaufwand erzielt — würde aber durch Störungen im Fertigungsprozeß, die eine operative Abweichung von der berechneten Maschinenbelegung erfordern, geschmälert oder zunichte gemacht. In [1] sind weitere Gründe genannt, weshalb es sinnvoll sein kann, sich auf die Anwendung des Eröffnungsverfahrens zu beschränken. Gewichtige Argumente, hier ausschließlich das Eröffnungsverfahren anzuwenden, sind auch die im Abschn. 1. aufgeführten Bedingungen und Ziele der Steuerung von Maschinenbelegungen in der Serien-Einzelteilfertigung. Diese Ziele, die die ständige Verfügbarkeit aller Einzelteile für die Montagebereiche verfolgen, richten sich weniger oder nicht auf die genannten Minimierungen.
Damit wird bei umfangreicher und verketteter Maschinenbelegung durch Verwendung von heuristischen deterministischen Eröffnungsverfahren nur auf eine Annäherung an das Optimum bzw. Suboptimum orientiert.

## 3. Anwendung eines Eröffnungsverfahrens

### 3.1. *Rang eines Arbeitsganges*

Zur Bestimmung des Ranges eines Arbeitsganges dienen u. a. folgende Regeln:

1. Der Rang mit höchster Priorität sei $r_i = 1$. Er gelte für angearbeitete Aufträge.
2. Der Rang mit Priorität $r_i = 2$ gelte für „vorbelegt". Er wird durch das Leitungspersonal in dringenden Fällen vergeben.
3. Weitere Ränge ($r_i > 2$) und die Bearbeitungsreihenfolge innerhalb derer werden z. B. anhand von
   a) Losfrequenz $f_i$
   b) Anzahl der Arbeitsgänge $z_i$ zu Sachnr. $(i)$
   c) Transportlosgröße $xtr_i$
   d) Bearbeitungsdauer des Loses $db_i = xa_i \cdot d_i + dr_i$
   e) Schwierigkeitsgrad $sg_i$ (abhängig u. a. von der Anzahl der Maschinenplätze, die für $A_i$ geeignet sind)

festgelegt. Tafel 1 berücksichtigt davon zunächst die ersten drei Faktoren zur Rangbestimmung. In [6] ist exemplarisch gezeigt, daß die Prioritätsregel „minimale Bearbeitungsdauer" optimal bzgl. Verkürzung der Zyklusdauer (Durchlaufdauer) und Verringerung des gesamten Pufferbedarfs wirkt (Tafel 2).

### 3.2. *Arbeitsgangtupel $A_i$*

Ein Arbeitsgangtupel sei die Menge aller notwendigen Informationen für die Einordnung des Arbeitsganges in den Maschinenbelegungsplan nach einem bestimmten mathematischen Modell. Für die rechentechnische Steuerung der Maschinenbelegung werden diese Informationen in einer vereinbarten, allen Arbeitsgängen gemeinsamen Reihenfolge angeordnet:

$$A_i = \{t, t_i, tr_i, tg_i, trg_i, d_i, dr_i, du_i, do_i, dtr_{ina}, xa_i, xs_i, xtr_i, xb_i(t), fze_i(t), fz_i(t), iv_i(t), c_i, n_i, ak_i, z_i, f_i, r_i, \{m_{i,j}\}, \{i, l, p, j, ka, ke\}, ivo, ina, y_i, sdtr_i, s_i, de_i, snr_i\}\ .$$

- Der Aktualisierungsabstand für $A_i$ muß kleiner oder gleich Planabschnitt/$f_i$ sein.
- An die Stelle der Informationen $fze_i(t)$ und $fz_i(t)$ kann $xb_i(t)$ treten, wenn eine zuverlässige Bestandsüberwachung durchgeführt wird.

**Tafel 1. Rangbestimmung für einen Anwendungsfall**

| $r_i$ | $f_i$ | $z_i$ | $xtr_i$ |
|---|---|---|---|
| 3 | 4 | $> 4$ | $\ll xa_i$ |
| 4 | 2 | $> 4$ | $\ll xa_i$ |
| 5 | 4 | $3 \vee 4$ | $\ll xa_i$ |
| 6 | 2 | $3 \vee 4$ | $\ll xa_i$ |
| 7 | $\leqq 1$ | $> 1$ | $\ll xa_i$ |
| 8 | 4 | $> 1$ | $\gg 1$ |
| 9 | 2 | $> 1$ | $\gg 1$ |
| 10 | $\leqq 1$ | $> 1$ | $\gg 1$ |
| 11 | 4 | 1 | $> 0$ |
| 12 | 2 | 1 | $> 0$ |
| 13 | $\leqq 1$ | 1 | $> 0$ |

**Tafel 2. Arbeitsgangreihenfolge innerhalb eines Ranges**

| $db_i$ | bzw. | $sg_i$ |
|---|---|---|
| – – – | | – – – |
| – – – | | – – – |
| – – – | | – – – |

$db_i$ steigend) [6[, S. 183 $sg_i$ fallend
für die Reihenfolge jeweils aller $A_i$ mit gleichem Rang

- Die Belegungen von $t_i$, $tr_i$, $\{i, l, p, j, ka, ke\}$, $trg_i$, $tg_i$, $r_i$ und $s_i$ werden rechentechnisch bestimmt.
  $t$ wird von der Echtzeituhr geliefert. Bei angearbeiteten Aufträgen ($r_i = 1$) liegen diese Informationen bereits fest.
- Die Belegungen von $ivo$, $ina$, $xtr_i$ und $dtr_{ina}$ sind Verkettungsinformationen.
- In der Menge aller für die Bearbeitung von $A_i$ geeigneten Maschinenplätzen, $\{m_{i,j}\}$, wird eine Zugriffsreihenfolge gebildet,
  - die technologische Ziele bzw.
  - die die Minimierung der Umrüstdauersumme der produktivsten Maschinen

  verfolgt.

Verwendete Symbole:

| | |
|---|---|
| $t$ | aktueller Zeitpunkt |
| $t_i$ | errechneter Beginnzeitpunkt |
| $tr_i$ | errechneter Umrüstbeginnzeitpunkt |
| $tg_i$ | geplanter Beginnzeitpunkt |
| $trg_i$ | geplanter Umrüstbeginnzeitpunkt |
| $d_i$ | Operationsdauer/Stück Sachr. $(i)$ |
| $dr_i$ | Umrüstdauer |
| $du_i$ | Verfrühung |
| $do_i$ | Verspätung |
| $dtr_{ina}$ | Bearbeitungsvorsprung von $A_i$ vor $A_{ina}$ |
| $xa_i$ | Auftragsstückzahl |
| $xs_i$ | Sicherheitsbestand |
| $xtr_i$ | Transportlosgröße |
| $xb_i(t)$ | Bestand der Teile Sachnr. $(i)$ zum Zeitpunkt $t$ |
| $fze_i(t)$ | erreichte Fortschrittszahl |
| $fz_i(t)$ | Sollfortschrittszahl |
| $iv_i(t)$ | Verbrauchsintensität |
| $c_i$ | relativer Anteil von $xs_i$, der notfalls noch verbraucht werden darf |
| $n_i$ | Normerfüllung (Mittelwert) |
| $ak_i$ | Anzahl der zu $A_i$ erforderlichen Arbeitskräfte |
| $z_i$ | Anzahl der Arbeitsgänge zu Sachnr. $(i)$ |
| $f_i$ | Losfrequenz zu Sachnr. $(i)$ |
| $r_i$ | Rang des $A_i$ (gemäß Abschn. 3.1.) |
| $j$ | Maschinenplatznr. |
| $m_{i,j}$ | Tupel eines Maschinenplatzes $j$, auf dem der Arbeitsgang zu $A_i$ ausführbar ist |
| $p$ | Nummer des Planabschnitts im Jahr |
| $ka$ | Nummer der ersten und |
| $ke$ | Nummer der letzten Stunde der Belegung |
| $l$ | Ordnungszahl der Durchführung von $A_i$ im Planabschnitt $p$ |
| $ivo$ | Nummer des dem $A_i$ vorausgehenden Arbeitsganges zur gleichen Sachnr. $(i)$ |
| $ina$ | Nummer des dem $A_i$ nachfolgenden Arbeitsganges zur gleichen Sachnr. $(i)$ |
| $y_i$ | Stellennummer in der Maschinenkette |
| $sdtr_i$ | Summe der $dtr_i(v)$ in der Kette von $v = y_i$ bis $z_i - 1$ |
| $s_i$ | Sanktion für Mehrfachbelegung von Maschinenplätzen zu $A_i$ |
| $sg_i$ | Schwierigkeitsgrad der Einordnung des $A_i$ u. a. bestimmt durch die Anzahl der Maschinenplätze, die für $A_i$ geeignet sind und Störfaktoren |
| $de_i$ | Operationsdauer/Stück in der letzten der verketteten Maschinen |
| $snr_i$ | Sachnr. $(i)$ |

### 3.3. *Arbeitsgangeinordnungsfolge und Maschinenplatzbelegungen*

Die Arbeitsgangeinordnungsfolge ist durch die Sortierungen der $A_i$ nach den Merkmalen

- errechneter Umrüstbeginntermin $tr_i$
- Rang des Arbeitsganges $r_i$
- Bearbeitungsdauer $db_i$ des Auftrages bzw. Schwierigkeitsgrad $sg_i$

und durch die Verkettungsinformationen *ina* herzustellen. Dabei werden z. B. die $A_i$ nach steigendem $tr_i$, $r_i$, $db_i$, fallendem $sg_i$ und gemäß *ivo*, *i*, *ina* geordnet. Für die Sortierungen nach $tr_i$, $r_i$, $db_i$ (bzw. $sg_i$) sind Standardsortierprogramme anwendbar. Die Verarbeitung der Verkettungsinformation *ina* erfordert im allgemeinen

- Lesen und Speichern des aktuellen *i* und *ina*
- Lesen und Speichern des physisch folgenden *i*1
- Suchen des $A_{ina}$ durch Lesen der *i* von Arbeitsgangtupeln mit dem gleichen $r_i$ ($r_i = r_{ina}$)
- Einfügen von $A_{ina}$ zwischen $A_i$ und $A_{i1}$.

Maschinenplatzbelegung bedeutet im hier beschriebenen Modell das Aktualisieren der Wertetupel $\{i, l, p, j, ka, ke\}$ sowie von $tg_i$ und $trg_i$. Während der geplante Fertigungsbeginn der Beziehung (6) genügen muß, ergibt sich der geplante Umrüsttermin $trg_i$ aus Gl. (7). Die Nummer *ka* der ersten Stunde der Belegung des Maschinenplatzes *j* in der *l*-ten Durchführung des $A_i$ im Planabschnitt *p* gibt Gl. (8) an, sofern *ivo* = 0:

$$ka(i,l,p,j) = \begin{Bmatrix} \text{entier}\,((tr_i - t)/h) & \text{wenn } b1 \\ \text{entier}\,((tr_i - du_i - t)/h) & \text{wenn } b2 \\ \text{entier}\,((tr_i + do_i - t)/h) & \text{wenn } b3 \\ \text{entier}\,((tr_i - t)/h + f) & \text{wenn } b4 \\ \text{entier}\,((tr_i - t)/h - f) & \text{wenn } b5 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

mit entier ($x$) größte ganze Zahl, die $\leqq x$ ist und mit den logischen Variablen *b*1, *b*2, ... , *b*5, zu deren Bestimmung die vorläufigen Elemente von $k(i, l, p, j)$ wie folgt gebildet werden

$$k_1(i,l,p,j) = \text{entier}\,((tr_i - t)/h)$$

$$k_2(i,l,p,j) = k_1(i,l,p,j) + 1$$

$$\vdots$$

$$k_s(i,l,p,j) = k_1(i,l,p,j) + \text{entier}\,(xa_i\, d_i/h) + 1\,.$$

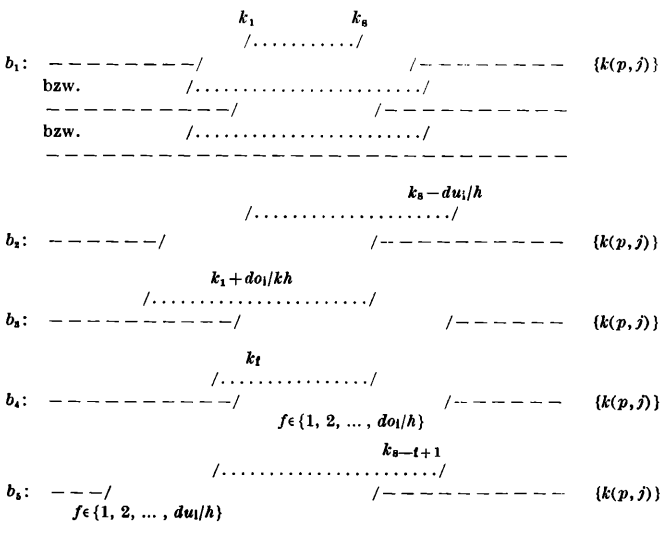
Für die logischen Variablen gelten dann (Tafel 3)

$$b_1 = \{k(p,j)\} \cap \{k(i,l,p,j)\} = \emptyset \vee \{k(p,j)\} \cap \cap\, k_1(i,l,p,j) \neq \emptyset \wedge \{k(p,j)\} \cap k_s(i,l,p,j) \neq \emptyset\,, \quad (9)$$

$$b_2 = \{k(p,j)\} \cap k_s(i,l,p,j) - du_i/h \neq \emptyset \wedge \wedge\, \{k(p,j)\} \cap k_1(i,l,p,j) = \emptyset\,, \quad (10)$$

$$b_3 = \{k(p,j)\} \cap k_s(i,l,p,j) = \emptyset \wedge \{k(p,j)\} \cap \cap\, k_1(i,l,p,j) + do_i/h \neq \emptyset\,, \quad (11)$$

**Tafel 3. Belegungsdiagramme der Fälle $b_1$ bis $b_5$**




$$b_4 = \{k(p,j)\} \cap k_f(i,l,p,j) + 1 = \emptyset \wedge \{k(p,j)\} \cap \cap\, k_f(i,l,p,j) \neq \emptyset \wedge f \in \{1, 2, \dots, do_i/h\}\,, \quad (12)$$

$$b_5 = \{k(p,j)\} \cap k_{s-f}(i,l,p,j) = \emptyset \wedge \{k(p,j)\} \cap \cap\, k_{s-f}(i,l,p,j) + 1 \neq \emptyset \wedge f \in \{1, 2, \dots, du_i/h\}\,. \quad (13)$$

Die Nummer *ke* der letzten Stunde der Belegung des Maschinenplatzes *j* in der *l*-ten Durchführung des $A_i$ im Planabschnitt *p* läßt sich nun berechnen zu

$$ke(i,l,p,j) = ka(i,l,p,j) + \text{entier}\,((xa_i d_i + dr_i)/h) \quad (14)$$

Infolge der oben beschriebenen Verarbeitung der Verkettungsinformationen steht in der sortierten Arbeitsgangtupeldatei ein Folgearbeitsgangtupel $A_{ina}$ unmittelbar nach dem aktuellen Tupel $A_i$. Existiert ein $A_{ina}$ zu $A_i$, so werden aus dem Tupel $A_i$ die Werte von $dtr_{ina}(i)$ sowie $ka(i, l, p, j)$ gelesen und $ka(ina, l, p, j(ina))$ ermittelt:

$$ka(ina, l, p, j(ina)) = ka(i,l,p,j) + dtr_{ina}(i)\,. \quad (15)$$

Für die Bestimmung von $ke(ina, l, p, j(ina))$ gilt wieder Beziehung (14).

## 4. Auswertung der Ergebnisse

Tendieren Maschinenplatzauslastungen bei den vorliegenden Verhältnissen gegen 100%, so nähert sich die Wahrscheinlichkeit für zeitweilige Zwei- oder Mehrfachbelegung dieser Maschinenplätze durch die hier vorgestellte Steuerung dem Wert 1. Ebenso führt die Verkleinerung von zulässigen Bearbeitungsbeginnverfrühungen $du_i$ und/oder -verspätungen $do_i$ zur Erhöhung der oben genannten Wahrscheinlichkeit der betreffenden Maschinenplätze.

Das Leitungspersonal wird folglich vor die Aufgabe gestellt, Zwei- und Mehrfachbelegungen von Maschinenplätzen zu beseitigen. Operative und langfristige Maßnahmen gegen die durch die Steuerung vorgegebenen Zwei- und Mehrfachbelegungen wurden im Abschn. 1. genannt.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, den Steueralgorithmus auf eine Reduzierung der Zwei- und Mehrfachbelegungen zu richten. Dabei können z. B. die Prioritäten, außer nach den Tafeln 1 und 2, auch nach anderen Gesichtspunkten festgelegt werden und die Auswahl der Maschinenplätze ließe sich in den vorgegebenen Grenzen variieren. Damit kann eine durch die verfügbare Rechendauer und Leistungsfähigkeit der EDV-Anlage begrenzte Anzahl von Maschinenbelegungsvarianten berechnet und z. B. nach den Kriterien

- Anzahl der Zwei- und Mehrfachbelegungen
- Mittelwert der Zwei- und Mehrfachbelegungen
- Streuung der Zwei- und Mehrfachbelegungen

die günstigste ausgewählt und ausgegeben werden.

## Literatur


[1] *Dück, W.*: Diskrete Optimierung. Berlin: Akademie-Verlag 1977.

[2] *Müller-Merbach, H.*: Optimale Reihenfolgen. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1970.

[3] *Külian, R.; Matthies, W.*: Mathematische Methoden in Organisation und Planung. Berlin: VEB Verlag Technik 1965.

[4] *Große-Ruyken, H.; Petersohn, U.; Stahn, H.; Wenk, V.*: Programmpaket DISKO II – Überblick. Technische Universität Dresden 1977.

[5] *Dickhut, E. O.*: Zur Problematik der optimalen Fertigungsablaufplanung in der Einzel- und Kleinserienfertigung. Dissertation, TH Aachen 1966.

[6] *Saeltzer, G.; Sauer, W.*: Analyse und Simulation von Fertigungsprozessen. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.


msr 7460

Dr.-Ing. *M. Kirsch*, Ing. *H. Scheubeck* und Dr.-Ing. *R. Große*, Merseburg[1])

# Einfaches Kommunikationsterminal für Labors und Technika

IA 6.8

## 1. Problemstellung

Die Fortschritte der digitalen Elektronik haben neben Verbesserungen in den Meß-, Steuerungs- und Regelungsanlagen zunehmend Auswirkungen auf die Kommunikationsmethodik zwischen Anlage und Betreiber. Neue Qualitäten der Steuerungstechnik erfordern neue Qualitäten der Kommunikation. Dabei ist der Trend zum Übergang von einer analogen zur digitalen Informationsdarstellung unübersehbar.

Moderne Automatisierungssysteme kommen oft ohne jegliche analoge Informationsdarstellung aus. Die Anwendung von Sichtgeräten bietet neue Alternativen bei der Mensch-Maschine-Kommunikation.

Der zur Zeit existierende gerätetechnische Entwicklungsstand und eine Reihe anderer Faktoren zwingen noch zu Kompromissen zwischen mikroelektronischen und konventionellen Lösungen. Im Zusammenhang mit der Automatisierung des wissenschaftlich-technischen Experimentes ergeben sich besondere Probleme bei der Einführung moderner Kommunikationstechnik in kleinere Anlagen, in Labors und Technika. Die Forderung der Betreiber dieser Anlagen und Geräte nach einer servicefreundlichen Kommunikationstechnik als Bestandteil moderner Informationsverarbeitungstechnik ist in vielen Fällen gleichbedeutend mit der Forderung nach Eigenentwicklungen, da die wenigen bekannten Lösungen primär für den Einsatz in komplexen Anlagen und Anlagenstrukturen ausgelegt sind.

Die Aufgabe der Entwicklung moderner Kommunikationsmittel für die Anwendung bei der wissenschaftlich-technischen Experimentation wird an der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg schon seit mehreren Jahren verfolgt. Besonders bei der Vorbereitung und Realisierung von Prozeßrechnereinsatzfällen wurde dieser Thematik bisher besondere Aufmerksamkeit geschenkt. So wurden bisher mehrere, dem Einsatzzweck entsprechende Bedieneinheiten für die Prozeßrechnerkopplung entwickelt und gebaut [1], der Taschenrechner Konkret 600 als Eingabe- und Ausgabeterminal in Kopplung mit dem KRS 4200 eingesetzt [2] sowie eine Bildschirmvariante realisiert. Die generelle Anwendung von Bildschirmsystemen zur Kommunikation wurde in den letzten beiden Jahren angestrebt, doch konnte dieses Vorhaben aus unterschiedlichsten Gründen bisher nicht realisiert werden und erscheint bei einigen Vorhaben auch nicht sinnvoll.

Aus diesem Grund wurde zusätzlich auf die Entwicklung und den Bau eines einfachen Kommunikationsterminals orientiert, das gekoppelt mit einem Prozeß- oder Mikroprozeßrechner zur servicefreundlichen Kommunikation primär in Labors und Technika dienen soll.

An das Terminal wurden folgende Forderungen gestellt:

- Kopplungsmöglichkeit mit dem Experiment über einen Prozeß- oder Mikroprozeßrechner, um eine freie Programmierbarkeit zu erreichen
- weitestgehende Unabhängigkeit vom Anwendungsfall
- digitale Informationsein- und -ausgabe unter Verwendung einer Tastatur und zwei unabhängigen Anzeigetableaus
- 5stellige Parametereingabe- und -ausgabemöglichkeit
- Anwählbarkeit von bis zu 100 Meßstellen, Parametern o. ä.
- Übersichtlichkeit und Einfachheit der Bedienelemente
- geringe Abmessungen und geringe Masse
- Einsatz von modernen Bau- und Funktionselementen eigener Produktion.

Diese Forderungen resultieren aus bisher an der TH Leuna-Merseburg und in Betrieben der Chemieindustrie gemachten Erfahrungen. Sie sollen sichern, daß bei Anwendung dieses Terminals die Bediener ihre Aufgabe besser als bisher erfüllen können und die Mensch-Maschine-Kommunikation auch in kleineren Anwendungsbereichen auf ein neues Qualitätsniveau gehoben wird.

## 2. Technischer Aufbau

Das Kommunikationsterminal ist für den Einsatz eines Prozeß- bzw. Mikrorechners entwickelt worden. Es besteht aus den Baugruppen Bedienpult und Anschlußsteuerung. Beim Einsatz mit Prozeßrechner wird der Anschluß über die ursadat 4000 realisiert, beim Einsatz mit Mikroprozeßrechner ist entsprechend dem Rechnertyp eine Interfacekoppeleinheit zu entwickeln. Bild 1 zeigt die äußere Ansicht des Gerätes, Bild 2 den inneren Aufbau in Form eines Wirkungsschemas.

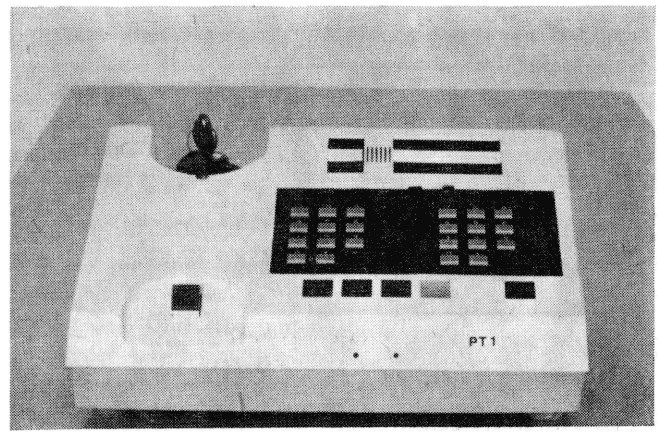
Im Bedienpult befinden sich 5 Steckeinheiten mit Eingabekodierschaltung, Datenspeicher für die zweistellige Anzeige, Datenspeicher und Anzeigemultiplexer für die 5stellige Anzeige und Anzeigeeinheit. Zur Eingabe von Informationen stehen neben einer Starttaste zwei Taschenrechnertastaturen mit je 20 Tasten zur Verfügung. Dabei dient eine Tastatur zur Dateneingabe, die zweite Tastatur zur Auswahl bestimmter Kommunikationsarten. Auf dieser Tastatur können 8 Tasten durch einen Schlüsselschalter gesperrt werden.

Die Tastensignale werden in der Kodierschaltung in eine 8-bit-Information umgewandelt. Zusätzlich wird ein Übernahmesignal gebildet. Diese Informationen werden in der Koppeleinheit gespeichert, von wo ein Interruptsignal für den Rechner ausgelöst wird. In dem entsprechenden Maßnahmeprogramm wird die Information über einen Eingabebefehl abgerufen und weiter verarbeitet.

Die Ausgabe von Daten erfolgt ebenfalls an die Interfacekoppeleinheit durch Ausgabebefehle vom Rechner. Der entsprechend aktivierte Datenspeicher übernimmt die Ausgabeinformation und bringt sie zur Anzeige.

Die Datenspeicher für die 5stellige Datenanzeige sind in der realisierten Variante des Terminals mit dem Taschenrechnerschaltkreis U 820 [3] bestückt, der gleichzeitig als Anzeigemultiplexer fungiert. Der Schaltkreis U 820 wurde eingesetzt, da er bei einer mehrstelligen Anzeige gegenüber einer selbstaufzubauenden Logik einige Vorteile bietet. Es sei an dieser Stelle auf die

**Bild 1. Ansicht des Gerätes**




[1]) Mitteilung aus der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg/ORZ.

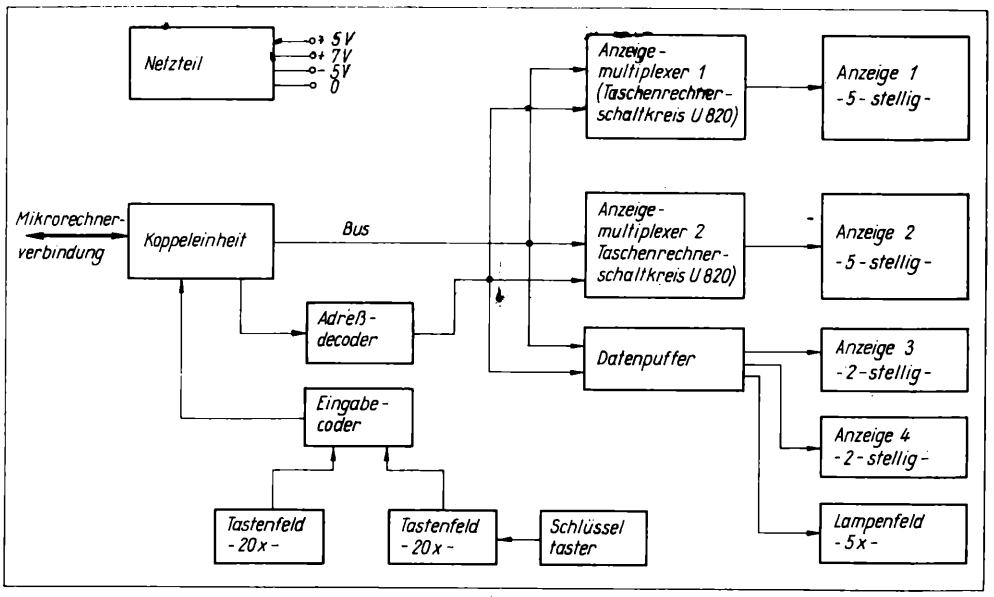



**Bild 2. Wirkungsschema des Prozeßterminals**

Möglichkeit der zeichenseriellen Eingabe (Zahl, Komma, Vorzeichen, Löschen) und auf das Vorhandensein des Anzeigemultiplexers verwiesen. Nachteilig wirkt sich der geforderte Ansteuermodus des U 820 bei der Zusammenarbeit mit dem Prozeßrechner aus. Hier ergibt sich je Zeichen eine Ausgabezeit von 20 ms.

Zur Reduzierung des Steueraufwandes wurde eine Steuerschaltung (Bild 3) entwickelt. Die Steuerschaltung wird durch ein Übernahmesignal gestartet und speichert das an den U 820 übergebene Zeichen 12 Taktzyklen lang, setzt dann den Speicher zurück und erzeugt 4 Taktzyklen Pause (Eingabemodus für U 820). Während dieser Zeit liefert die Schaltung ein Statussignal. Die Rückflanke des Statussignals kann zur Bildung eines Interrupts als Bereitschaft zur nächsten Zeichenübergabe genommen werden. Die Ansteuerung des U 820 erfolgt im BCD-Kode, wobei die Pseudotetraden für Vorzeichen, Komma und Löschen verwendet werden.

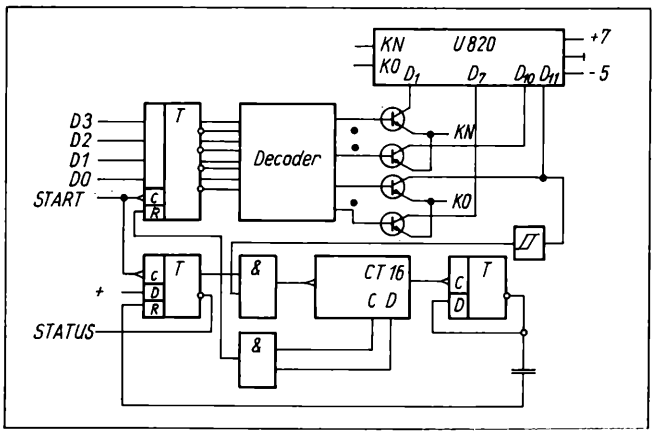



**Bild 3. Prinzipschaltbild der Eingabesteuerung des U 820**

## 3. Arbeitsweise und Software

### *3.1. Allgemeine Gesichtspunkte*

Der Grundgedanke des Prozeßterminals besteht darin, daß beliebige numerische Informationen in den Arbeitsspeicher des Rechners eingegeben bzw. bestimmte Informationen in Form von natürlichen Zahlen angezeigt werden können. Die Zuordnung der Informationen zu bestimmten Prozeßeinheiten (z. B. verschiedene Meßstellen oder Regelkreise) erfolgt durch die Angabe einer maximal zweistelligen Nummer, und die Zuordnung der Information zu einer bestimmten Art der Kommunikation (z. B. „Sollwerteingabe" oder „Meßwertausgabe") durch Anwahl einer entsprechenden Funktionstaste.

Das Hardware-Konzept des Prozeßterminals geht von einer ausschließlichen Steuerung durch den angeschlossenen Prozeß- oder Mikroprozeßrechner aus. Damit bleibt es allein der Programmierung des Rechners überlassen, alle Möglichkeiten der Ein- und Ausgabe, die durch das beschriebene Konzept gegeben sind, einer sinnvollen Bedienungsstrategie und entsprechenden Anwenderforderungen unterzuordnen. Es muß allerdings gewährleistet sein, daß Kapazitätsreserven vorhanden sind, die eine Steuerung des Terminals über den eigentlichen Aufgabenbereich des Rechners hinaus gestatten. Da jedoch die Arbeit des Rechners i. allg. auf der Basis von Interrupt-Anforderungen organisiert ist, bereitet diese Einschränkung meist keine Schwierigkeiten. Den Steuerprogrammen für die Kommunikation über das Terminal wird die niedrigste Priorität zugeordnet, so daß die eigentlichen Applikationsprogramme durch die Arbeit mit dem Terminal nicht gestört werden können.

### *3.2. Organisation des Informationsaustausches*

Um die Datenanzeige in den zwei 5stelligen Anzeigefeldern des Prozeßterminals übersichtlich zu gestalten, wurde vereinbart, daß alle Daten die vom Bediener für den Prozeß eingegeben werden, zur Kontrolle im unteren Anzeigefeld erscheinen, wogegen die Daten, die auf Anforderung vom Prozeß ausgegeben werden, im oberen Anzeigefeld stehen. Die links neben den Datenfeldern befindlichen zweistelligen Anzeigen beinhalten parallel dazu die Nummer der jeweiligen Prozeßeinheit, auf die sich die angezeigte Information bezieht (s. Bild 1).

Zur bedienungsfreundlichen Realisierung der Informationseingabe wurden vier verschiedene Zustände des Terminals definiert:

1. Terminal bereit

   Im Ausgangszustand „Terminal bereit" kann über die numerische Tastatur eine neue Prozeßeinheit oder über die Funktionstastatur eine neue Kommunikationsart angewählt werden.

2. Funktionseingabe

   Nach Eingabe der Nummer der Prozeßeinheit, mit der Informationen ausgetauscht werden sollen, geht das Terminal automatisch in den Zustand „Funktionseingabe". Die Nummer der angewählten Prozeßeinheit ist im unteren zweistelli-

gen Anzeigefeld abzulesen. Der Bediener ist jetzt gezwungen, über die Anwahl einer bestimmten Funktionstaste die Art und Weise der Kommunikation mit dieser Prozeßeinheit zu bestimmen.
Die Betätigung einer anderen Taste würde durch die Anzeige „Fehler" signalisiert werden. Über die Funktionstastatur können maximal 20 verschiedene Funktionen angewählt werden.

3. Funktion angewählt

Nach Wahl der sich auf eine bestimmte Prozeßeinheit beziehenden Kommunikationsfunktion ist das Terminal bis zur Abarbeitung dieser Funktion für weitere Eingaben gesperrt. Eventuelle Tastenbedienungen würden durch die Anzeige „Fehler" signalisiert werden. Ausgenommen davon ist allein die Taste „Lösche Funktion", mit der die Abarbeitung jeder beliebigen Funktion beendet werden kann, falls diese nicht automatisch mit der Freigabe des Terminals endet. Die Taste „Lösche Funktion" dient auch zur Korrektur von fehlerhaften Eingaben bei der Wahl der Prozeßeinheit bzw. Kommunikationsart.

4. Dateneingabe

Nach Anwahl von Funktionen, die eine Eingabe bestimmter Daten realisieren sollen, geht das Terminal in den Zustand „Dateneingabe". In diesem Zustand ist die Funktionstastatur gesperrt. Die Daten können über die numerische Tastatur in Form von natürlichen Zahlen eingegeben werden und erscheinen zur Kontrolle im unteren 5stelligen Anzeigefeld. Eine fehlerhafte Dateneingabe kann über die Taste „Lösche Daten" korrigiert werden, die angewählte Funktion und der Zustand „Dateneingabe" bleiben dabei erhalten. Die Dateneingabe wird durch Betätigung der Taste „Eingabe Ende" abgeschlossen.
Die einzelnen Zustände werden durch die im unteren Teil des Terminals befindlichen grünen Signallampen angezeigt. Darüber hinaus werden noch folgende Ereignisse signalisiert:

. Prozeßalarm — rote Lampe
. Über- bzw. Unterlauf — blaue Lampe
. Fehler — weiße Lampe.

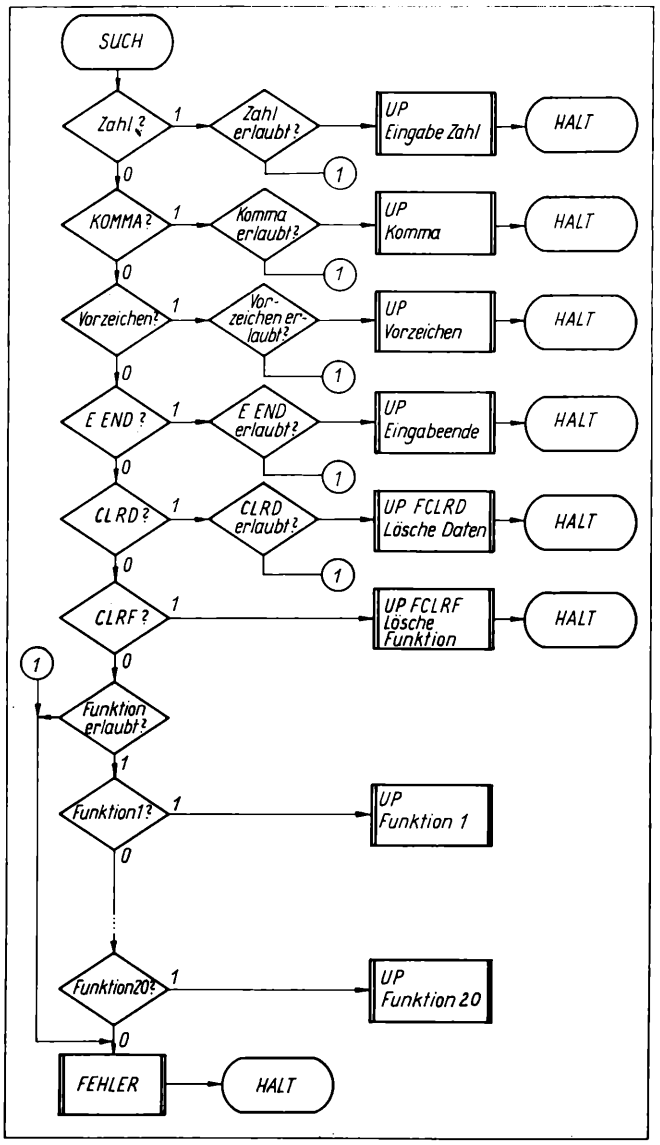



**Bild 4. Identifikationsprogramm für die Eingabetasten**

### *3.3. Software*

Da die gesamte Steuerung des Terminals vom angeschlossenen Rechner ausgeht, ist es möglich, in Abhängigkeit der Erfordernisse des jeweiligen Einsatzfalles ganz bestimmte Kommunikationsfunktionen zu realisieren. Die allgemeingültige Grundsoftware dient deshalb nur der problemunabhängigen Steuerung des Terminals und umfaßt folgende Aufgaben:

— Identifikation der Tasten (SUCH)
— Dateneingabe (DATEIN)
— Datenausgabe (DATAUS)
— Löschfunktion (CLR).

Bild 4 zeigt einen Programmablaufplan des Identifikationsprogramms für die einzelnen Eingabetasten. Dieses Programm wird bei jedem Tastendruck über ein Interrupt-Signal, das bei Betätigung einer Taste gebildet wird, gestartet. Durch Identifikation des Tastenkodes und nach Prüfung, ob die gedrückte Taste erlaubt ist (Zustand des Terminals!), gelangt die Programmabarbeitung zu dem entsprechenden Unterprogramm zur Realisierung der Tastenfunktion.
Die Unterprogramme „Zahleneingabe", „Komma", „Vorzeichen" und „Eingabe-Ende" stellen den Komplex „Dateneingabe" (DATEIN) dar. Die Löschfunktionen werden durch die Unterprogramme „Lösche Funktion" und „Lösche Daten" realisiert, und die Unterprogramme „Funktion 1" bis „Funktion 20", die den einzelnen Funktionstasten zugeordnet sind, bilden den Komplex der frei zur Verfügung stehenden Kommunikationsarten.
Ein großer Teil der zu realisierenden Funktionen wird als Teilaufgabe die Ausgabe eines Wertes beinhalten. Diese Aufgabe ist ebenfalls problemunabhängig und wurde dem Komplex der Grundsoftware zugeordnet (DATAUS).
Ein Programmablaufplan des Datenausgabeprogramms ist im Bild 5 dargestellt. Das Programm realisiert im Grunde nichts weiter als die entsprechend der anzugebenden Zahl notwendige Folge von Ansteuerungen des Rechnerschaltkreises U 820 (s. Abschn. 2.), der dann die Ausgabe der Zahl im oberen Anzeigefeld bewirkt. Überschreitet eine auszugebende Zahl den Wertebereich der durch 5 Dezimalstellen darstellbar ist, wird dies durch die Signallampe „Unter- bzw. Überlauf" signalisiert. Vor Aufruf des Unterprogramms zur Datenausgabe müssen die Daten in Form von BCD-Informationen im Arbeitsspeicher bereitgestellt werden, d. h., unter Umständen ist vor Aufruf im Funktionsprogramm eine entsprechende Konvertierung aus dem rechnerinternen Zahlenformat erforderlich. Diese Aufgabe wird i. allg. durch Standardunterprogramme gelöst.

## 4. Einsatzbeispiel

Das beschriebene Prozeßterminal wird gegenwärtig zur Kommunikation bei Simulationsuntersuchungen zum Problem der

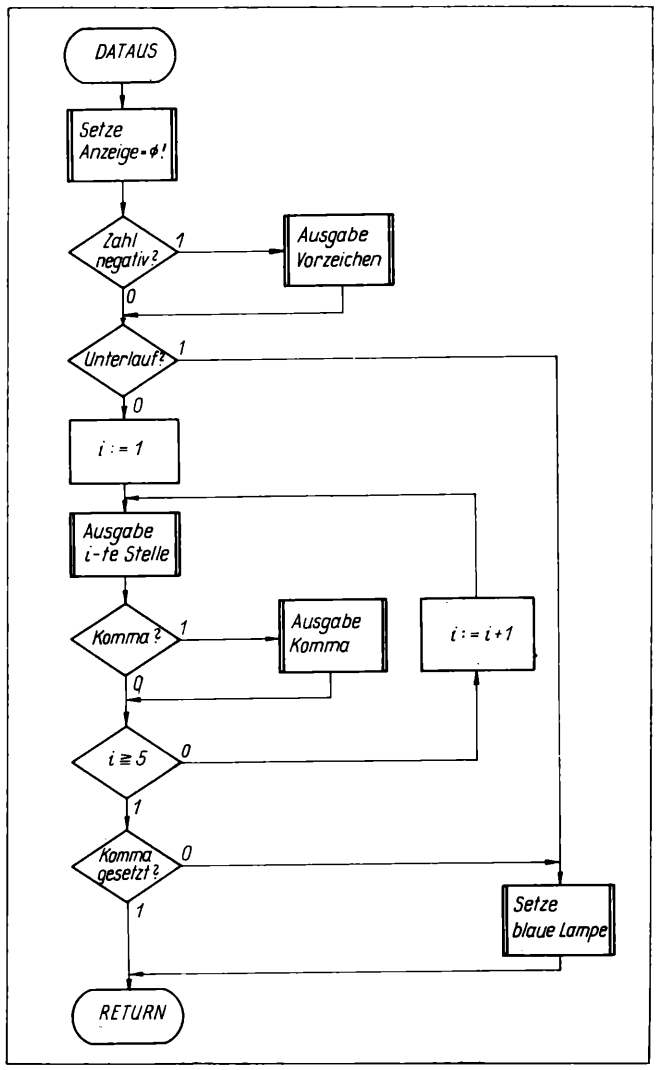



**Bild 5. Datenausgabeprogramm**

direkten digitalen Regelung mehrerer Prozeßgrößen mit einem Mikroprozeßrechner genutzt. Diese Arbeiten werden gemeinsam mit dem VEB PCK Schwedt für die Vorbereitung des Mikrorechnereinsatzes zur Automatisierung einer verfahrenstechnischen Anlage durchgeführt.

Das System besteht aus fünf Regelkreisen. Für die Bedienung und Beobachtung der Automatisierungseinrichtung sind folgende Kommunikationsfunktionen realisiert worden:

- Ausgabe der Meßwerte
- Ausgabe der Regelabweichungen
- Ausgabe der Stellgrößen im Bereich von 0 ... 1
- Ausgabe der Regelparameter
- Eingabe der Sollwerte
- Eingabe der Regelparameter
- Eingabe von Dimensionierungskonstanten
- Hand/Automatik-Umschaltung
- Dynamische Anzeige.

Diese Funktionen wurden bestimmten Tasten der Funktionstastatur zugeordnet und sind durch diese zu aktivieren. Der allgemeine Ablauf der Kommunikation läßt sich in drei Schritte unterteilen:

1. Eingabe der Nummer der Prozeßeinheit (Regelkreis 1 ... 5)
2. Wahl der Kommunikationsart
3. Realisierung der Funktion (Informationsaustausch)

Bis auf die Funktion „Dynamische Anzeige" enden alle Funktionen mit einer automatischen Freigabe des Terminals nach

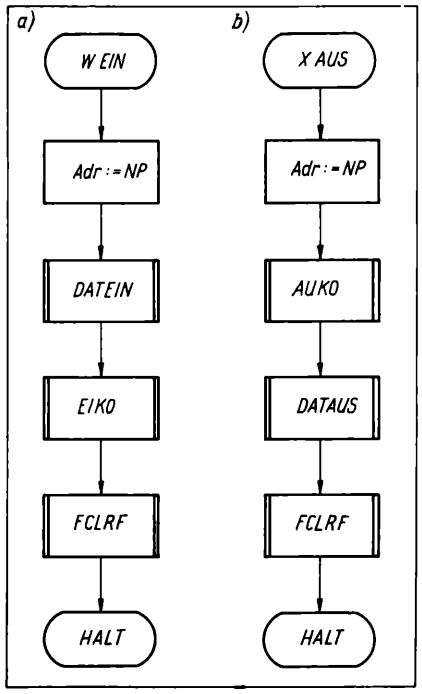



**Bild 6. Funktionsprogramme**
a) Sollwerteingabe
b) Meßwertausgabe

Realisierung des Informationsaustausches. Die Funktion „Dynamische Anzeige", die eine kontinuierliche Aktualisierung einer angewählten Datenausgabe realisiert, muß durch den Bediener durch die Löschtaste beendet werden.

Die grobe Struktur der Funktionsprogramme sei am Beispiel der „Sollwerteingabe" und „Meßwertausgabe" im Bild 6 gezeigt. Es ist zu erkennen, daß diese Funktionsprogramme weitgehend aus gleichartigen Bausteinen zusammengesetzt sind, ihre Realisierung also kaum Schwierigkeiten bereitet. In einem ersten Teil muß aus dem angegebenen Kode der Prozeßeinheit die Adresse berechnet werden, unter der die jeweilige Information im Arbeitsspeicher des Rechners zu finden ist. Diese Berechnung wird wesentlich davon bestimmt, wie die einzelnen Datenfelder, die den Prozeßeinheiten zugeordnet sind, im Arbeitsspeicher verteilt wurden.

Im zweiten Teil erfolgt unter Verwendung der Grundsoftware die Ein- bzw. Ausgabe der Daten und damit verbunden die Konvertierung in die rechnerinternen Zahlenformate.

Durch automatische Aktivierung der Löschfunktionen wird im letzten Teil des Funktionsprogramms eine Freigabe des Terminals für die weitere Kommunikation erreicht.

Erste Erfahrungen, die aus dem beschriebenen Einsatz resultieren, bestätigten die Brauchbarkeit der realisierten Hard- und Software-Lösung. Bedingt durch die beschränkte Anzahl der Anzeigeelemente sollte der Einsatz jedoch kleineren Problemen, wie sie vielfach im Labor oder an Kleinanlagen vorliegen, vorbehalten bleiben.

## Literatur


[1] *Schaarschmidt, P.; Ockernahl, J.; Scheubeck, H.:* Möglichkeiten der Dateneingabe über Handeingabestationen beim Prozeßrechner PR 2100 bei Entfernungen größer als hundert Meter. msr 18 (1975) H. 1, S. 19 und 20.

[2] *Wloka, U.; Rümmler, F.:* Einsatz von Taschenrechnern als Eingabe-/Ausgabestation für ein Klein- bzw. Mikrorechnersystem. Technische Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg, Sektion MR/ORZ (unveröffentl. Manuskript).

[3] *Schlenzig, K.; Blüsing, K.-H.:* Schaltbeispele mit dem Rechnerschaltkreis U 820/U 821. Amateurreihe Elektronika, Bd. 179. Berlin: Militärverlag der DDR 1980.

[4] *Lange, E:* Aspekte moderner Datenerfassung für ein Verfahrenstechnikum. Hochschulabschlußarbeit, Ingenieurhochschule Wismar 1979.


msr 7443

Ing. *F. Cunow*, Berlin[1])

# Zur Überarbeitung der MSR-Symbole



## 0. Einleitung

Der Beitrag enthält Betrachtungen zur Standardisierung von MSR-Symbolen in Vergangenheit und Gegenwart.
Die gegenwärtig verbindliche TGL 14091/01 wurde 1967 in Anlehnung an einige europäische Standards erarbeitet. Sie hat sich in der zurückliegenden Zeit gut bewährt.
Von der internationalen Standardisierungs-Organisation ISO wurde der Beschluß gefaßt, die MSR-Symbole für die Darstellung von MSR-Stellen in technologischen Schemata zu vereinheitlichen. Es kam 1977 zum ISO-Standard 3511/Teil I, dem die meisten europäischen Mitgliedsländer der ISO verbindlich zustimmten. Die amerikanische Standard-Organisation ISA hatte 1949 einen Standard als Praxis-Empfehlung RP 5 herausgegeben, in dem MSR-Stellen erstmalig durch Kreissymbole dargestellt wurden. Die Bemühungen, eine weltweite Vereinheitlichung zu erreichen, scheiterten, da die USA ihre Standard-Revision ISA S 5.1 zur Darstellung von MSR-Stellen erst einige Jahre vor der ersten ISO-Initiative durchgeführt hatten. Einige andere Länder, die den ISA-Standard ebenfalls übernommen hatten, stimmten den Empfehlungen der ISO nicht zu.
Auch in der Sektion 8 der Ständigen Kommission Maschinenbau (SKM) des RGW gab es Bestrebungen zur Vereinheitlichung der MSR-Symbole. Die bereits Anfang der 60er Jahre empfohlenen Symbole waren für die Darstellung in technologischen Schemata ungeeignet. Es dauerte jedoch noch bis 1967, ehe sich die Erkenntnis durchsetzte, daß für technologische Schemata Symbole angewendet werden müssen, die auch ohne Angabe von gerätetechnischen Einzelheiten die Festlegung von MSR-Stellen ermöglichen. Das wichtigste Ergebnis der RGW-Spezialistentagung 1967 auf dem Gebiet der MSR-Symbole war die Festlegung, daß man sich auf diesem Gebiet engagieren will. Auf einer weiteren Spezialistentagung 1973 in der VR Bulgarien wurden schon konkrete Festlegungen hinsichtlich der Prozeßgrößen- und Funktionsbuchstaben getroffen. Eine vollständige Einigung konnte nicht erzielt werden. Die Vereinbarungen hatten den Charakter von Empfehlungen. Auf der nächsten Spezialistentagung, die 1979 in der ČSSR stattfand, wurde auf der Grundlage des ISO-Standards 3511/I eine vollständige Übereinstimmung erreicht, die ihren Niederschlag im ST RGW 2410-80 fand. Die UdSSR und die SR Rumänien legten noch keinen Termin für die Einführung dieses Standards fest, die anderen Länder führen ihn national und international 1982 ein. Für die DDR wurde mit dem erreichten Abstimmungsergebnis und der Festlegung der nationalen und internationalen Verbindlichkeit zum 1. Juli 1982 die Überarbeitung der TGL 14091/01 erforderlich. Gleichzeitig mußte auch zur TGL 14091/02, für die gerätetechnische Darstellung, ein Änderungsblatt herausgegeben werden.

## 1. Einordnung der TGL 14091

Neben der Vereinheitlichung von Geräten und Maschinen im RGW sind auch Anstrengungen zur Vereinheitlichung der technischen Dokumente gemacht worden. Während die Erzeugnisse und Verfahren vorwiegend von den Ministerien und deren Kombinaten und Betrieben verantwortlich im RGW vereinheitlicht wurden, sind die Träger der Vereinheitlichung der Konstruktionsdokumente die Ämter für Standardisierung, Material- und

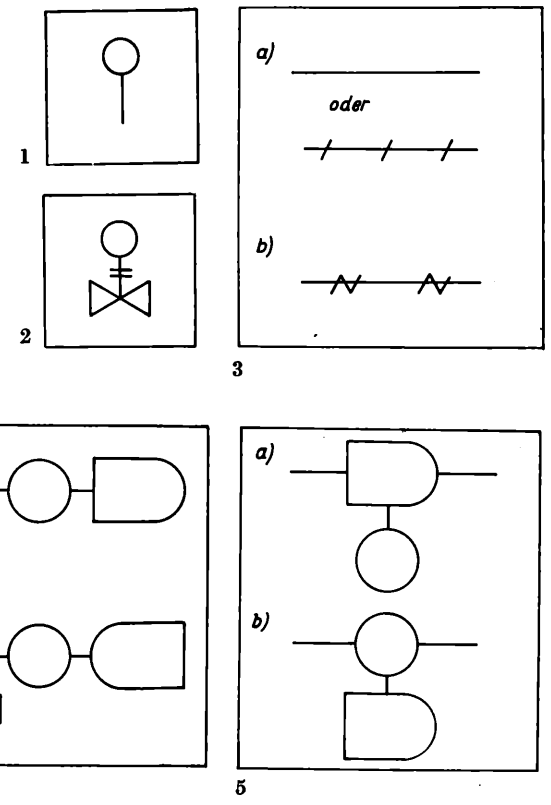



**Bild 1. Stellantrieb**

**Bild 2. Stelleinrichtung, bei Ausfall der Hilfsenergie oder des Steuersignals verharrend**

**Bild 3. Wirkungslinien**
a) allgemein; b) für Noteingriff

**Bild 4. Kopplung mit dem Prozeßrechner**
a) Übertragung von Informationen auf den Prozeßrechner; b) Aufschaltung des Prozeßrechners auf die Stelleinrichtung

**Bild 5. Bereitschaftsfunktion**
a) der MSR-Stelle bei Prozeßrechnerausfall; b) des Prozeßrechners bei Ausfall der konventionell ausgeführten MSR-Stelle

Warenprüfung in den einzelnen RGW-Ländern. Vereinbarungen der genannten Art werden unter dem Begriff „Einheitliches System der Konstruktionsdokumentation", abgekürzt ESKD, getroffen. In der DDR werden die Belange des ESKD direkt vom ASMW wahrgenommen. Das ASMW entschied, auch die TGL 14091 in das ESKD einzubeziehen. Hierdurch wurde es erforderlich, neue Titel für die TGL zu bilden.

### *1.1. Veränderungen gegenüber der bestehenden TGL 14091/01*

Der Titel lautet jetzt:

Einheitliches System der Konstruktionsdokumentation
SYMBOLE DER MSR-TECHNIK
Darstellung von MSR-Stellen.

Aus Gründen der Standardisierung mußte zwischen dem grafischen Zeichen, das jetzt als Sinnbild bezeichnet wird, und dem grafischen Zeichen mit Buchstaben-Kennzeichnung und MSR-Stellen-Nr., das als Symbol bezeichnet wird, unterschieden werden.

[1]) Mitteilung aus dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Betriebsteil Berlin.

### 1.1.1. Veränderungen bei Sinnbildern

Die Sinnbilder für die MSR-Stelle — örtlich — und die MSR-Stelle mit Fernübertragung bleiben unverändert. Wenn es die Anzahl der Kennbuchstaben erfordert, dürfen diese Sinnbilder zu einem Langrund erweitert werden. Eine Ergänzung bei der Fernübertragung ist die Kennzeichnung der Meßwertübertragung auf eine örtliche Einrichtung, z. B. ein Kontrollpult, mit einem Doppelstrich im Sinnbild.

Stellantriebe werden jetzt mit einem Kreis von 5 mm ∅ dargestellt (Bild 1). Das Verharren der Stelleinrichtung bei Hilfsenergieausfall wird mit parallelen Strichen gekennzeichnet (Bild 2).

Verändert wurde auch die Wirkungslinie, die jetzt mit einer dünnen Vollinie dargestellt wird und die gegebenenfalls zusätzlich mit kurzen Strichen unter 60° durchgestrichen werden kann, wenn eine Unterscheidung von anderen Linien erforderlich ist (Bild 3a). Die Wirkungslinie für Noteingriff ist ebenfalls als Vollinie ausgeführt, auf der sich in Abständen der Buchstabe *N* in 60° Schräglage wiederholt (Bild 3b).

Die Darstellung der Verbindung der MSR-Stellen mit dem Prozeßrechner wurde grundlegend verändert. Anstelle des Kreises wurde hier ein gestreckter Halbkreis eingeführt. Die Lage des Halbkreises zur damit verbundenen MSR-Stelle kennzeichnet die Übertragung von Informationen auf den Prozeßrechner bzw. die Aufschaltung des Prozeßrechners auf die MSR-Stelle (Bild 4). Außerdem können durch Symbolanordnungen die Bereitschaftsfunktionen (back up) von MSR-Stelle oder Prozeßrechner dargestellt werden (Bild 5).

Bei Erfordernis darf die Meßwertentnahme aus einem technologischen Gefäß durch einen Kreis mit 2 mm ∅ an der Meßwertentnahmestelle dargestellt werden.

### 1.1.2. Veränderungen bei den Kennbuchstaben

Bei den Buchstaben zur Kennzeichnung der Prozeßgrößen, den Parameter-Modifizierungen und den Funktionen treten Veränderungen und Ergänzungen ein. Gegenüber der bestehenden TGL verändern sich die Kennbuchstaben inhaltlich für die Prozeßgrößen *Q* (teilweise), *U* und *H*. Mit den Kennbuchstaben *D*, *E*, *G*, *K*, *M*, *U*, *V* und *Y* wurden die Prozeßgrößen erweitert und teilweise spezifiziert. Besonders hervorzuheben ist die Festlegung des Buchstabens *Y* für Steuerung — allgemein —. Hierdurch wird es möglich, automatische Steuerungen von Handsteuerungen und Regelungen zu unterscheiden. Außerdem entfällt damit die im bestehenden Standard enthaltene Doppelfunktion des Buchstabens *H*. Bei der Parametermodifizierung werden Großbuchstaben eingeführt und es ändert sich der Kennbuchstabe für Verhältnis. Die Kennzeichnung für Summe und Absolutdruck entfällt.

Bei den Funktionen ändert sich die Zuordnung bei den Kennbuchstaben *E* (jetzt Meßfühler) und *S* (jetzt Schaltfunktion). Neu aufgenommen werden die Kennbuchstaben *B*, *Q*, *T*, *V*, *X* und *Z*. Die Reihenfolge bei der Auswahl für zusammenhängend zulässige Funktionsbuchstaben ist: *I R C T Q S Z A B*. Eine Zusammenfassung aller Kennbuchstaben und ihrer Zuordnung enthält die Tafel.

**Tafel. MSR-Kennbuchstaben und Zuordnung**

| Kennbuchstabe | Prozeßgröße: gemessener oder gesteuerter Parameter | Prozeßgröße: Parameter-Modifizierung | Funktion |
|---|---|---|---|
| *A* | – | – | Signalisierung, Alarm |
| *B* | – | – | optische Binäranzeige mit Ja/Nein-Aussage |
| *C* | – | – | Regelung |
| *D* | Dichte | Differenz | – |
| *E* | elektrische Größen | – | Meßfühler |
| *F* | Durchfluß (Volumen, Masse) | Verhältnis | – |
| *G* | Abstand, Stellung, Länge | – | – |
| *H* | Handeinstellung, Handeingriff | – | – |
| *I* | – | – | Anzeige, analog oder digital |
| *J* | – | – | – |
| *K* | Zeit, Programm | – | – |
| *L* | Füllstand, Standhöhe | – | – |
| *M* | Feuchte, absolut, relativ | – | – |
| *N* | Reserve | – | – |
| *O* | | | |
| *P* | Druck, Vakuum | – | – |
| *Q* | Qualität (Analyse, Konzentration, pH-Wert, Leitfähigkeit) | Gesamtsumme Dosierung | Integrierung, Zählung |
| *R* | Radioaktivität | – | Registrierung |
| *S* | Geschwindigkeit, Frequenz | – | Schaltfunktion |
| *T* | Temperatur | – | Umformung, Signalübertragung |
| *U* | zusammengesetzte Größe | – | – |
| *V* | Viskosität | – | Stellfunktion |
| *W* | Kraft, Masse | – | – |
| *X* | sonstige Prozeßgrößen | – | sonstige Funktionen |
| *Y* | Steuerung, allgemein | – | – |
| *Z* | – | – | Noteingriff, Verblockung |

### 1.1.3. Veränderungen bei der Numerierung

Die Numerierung der MSR-Stellen mit einer höchstens 4stelligen Zahl wurde grundsätzlich beibehalten, jedoch dürfen bei Großanlagen in Ausnahmefällen, die besonders zu vereinbaren sind, höchstens 5stellige MSR-Stellen-Nummern verwendet werden. Die Anwendung von Trennelementen zwischen den Ziffern der MSR-Stellen-Nummer ist auch weiterhin unzulässig.

### 1.1.4. Redaktionelle Veränderungen

Infolge der Ausgliederung der Beispiele aus dem verbindlichen Teil des Standards war es erforderlich, den beschreibenden Teil erheblich zu erweitern. Als Zwischenüberschriften sind hier zu nennen:

- Allgemeines
- Meßtechnische Einrichtungen zur gleichen Prozeßgröße
- Meßtechnische Einrichtungen zu verschiedenen Prozeßgrößen
- Kennzeichnung als MSR-Zusatzeinrichtung
- Steuerungen
- MSR-Stellen mit Verbindung zum Prozeßrechner.

Der umfangreiche Teil mit Anwendungsbeispielen wurde auch in diesem Standard beibehalten. Auf 11 Seiten sind, beginnend mit den einfachsten MSR-Stellen-Darstellungen bis hin zu komplizierteren und speziellen Darstellungen, alle MSR-Stellen-Arten erläutert, so daß der Anwender auch in diesem Standard eine gute Grundlage für die Darlegung seiner MSR-Aufgaben finden wird. Besonders berücksichtigt wurden hierbei die MSR-Stellen mit Verbindung zum Prozeßrechner. Sinnbild und Buchstabenkennzeichnung gestatten hier weit besser als im jetzigen Standard, besondere Einzelheiten bei der Aufschaltung der MSR-Stellen auf den Prozeßrechner bzw. umgekehrt darzustellen. Die

Anwendungsbeispiele schließen ab mit einer Tafel der Kennbuchstaben-Kombinationen, die die gebräuchlichen Buchstaben-Kombinationen für Prozeßgrößen und Funktionen enthält.

### *1.2. Veränderungen an der TGL 14091/02*

Obwohl die in der TGL 14091/02 enthaltenen Festlegungen zur Gerätetechnik sich heute noch nicht grundlegend verändert haben, wurde es doch erforderlich, ein Änderungsblatt zu dieser TGL herauszugeben, mit der insbesondere jetzt an anderer Stelle festgelegte Sinnbilder und Schaltzeichen aus dem Standard ausgeschlossen werden. Das bezieht sich auf die logischen Verknüpfungselemente, die jetzt im DDR-Standard TGL 16056/01 bis /06 erfaßt sind. Gleiches trifft für die Speicher für binäre Signale zu. Auch die Zähler sind in diese Schaltzeichen eingeschlossen, so daß nur unmittelbar mit der Gerätetechnik verbundene Impulszähler im Standard belassen wurden.
Wie bereits erwähnt, wurde auch die TGL 14091/02 in das ESKD einbezogen. Ihr Titel lautet jetzt:

> Einheitliches System der Konstruktionsdokumentation
> SYMBOLE DER MSR-TECHNIK
> Darstellung von Bauelementen, Geräten und Übertragungsfunktionen.

Die Darstellung von Geräten der MSR-Technik erfolgt im MSR-Anlagenbau nicht mehr in einem einzelnen Baugliedplan, die Darstellung ist jetzt Teil des Funktionsschaltplans, in dem alle Anschlußverbindungen dargestellt sind.

## 2. Stand der internationalen Standardisierung für Symbole der MSR-Gerätetechnik

Von der ISO wurde mit dem Standard-Entwurf ISO/DIS 3511/III 1974 eine Standardisierungsempfehlung vorgelegt, die die Darstellung der MSR-Gerätetechnik gestattet. Diese Empfehlung hat bereits in Standards des NSW Eingang gefunden. Inzwischen hat sich die ISO mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Verbindung gesetzt, um Maßnahmen für eine schnelle Wirksamkeit der Standardisierung für MSR-Symbole zu erreichen. Hierzu wurde eine gemeinsame Arbeitsgruppe gebildet. Durch das technische Komitee TC 65 der IEC wurde der Standardentwurf der ISO mit einem erläuternden Deckblatt im Mai 1981 an die nationalen Komitees in Umlauf gegeben. Durch die den Regeln der IEC entsprechende sehr kurze Umlauffrist wird die Abgabe der Stellungnahme beschleunigt. Es ist zu erwarten, daß bereits im kommenden Jahr Ergebnisse vorliegen werden, die die Verbindlichkeit fixieren. Die Übernahme der Symbole der ISO bedingt umfangreiche Veränderungen gegenüber dem jetzigen Standard. Kreise und Kreisabschnitte werden nur noch bei den Sinnbildern für Stellantriebe verwendet. Alle anderen Sinnbilder beschränken sich auf Rechtecke und Quadrate mit jeweils einer Abmessung. Wesentlich ist dabei, daß auch der Buchstabenkode für Prozeßgrößen nach TGL 14091/01 für die Kennzeichnung mitverwendet wird. Im einfachsten Fall kann die Erfassung eines Meßwertes durch ein Rechteck mit eingetragener Prozeßgröße dargestellt werden. Durch Einfügen weiterer Zeichen kann das Symbol präzisiert werden.
Im RGW ist für die Vorbereitung der Standardisierung der MSR-Symbole für die Gerätetechnik auf Vorschlag der DDR ein Thema eröffnet worden. Die Themenverantwortlichkeit hat die DDR. Die Laufzeit beträgt 5 Jahre.
Im Zusammenhang mit der gerätetechnischen Darstellung wird von der DDR auch vorgeschlagen, die Darstellung mikroelektronischer Einrichtungen sowie die Übertragungsfunktionen für Signalflußschemata zu standardisieren. Der rasche Einzug der Mikroelektronik in alle Bereiche der Technik zwingt zu einer für die Standardisierung kurzen Zeitspanne, wenn die Verständigung auf diesem Gebiet der MSR-Symbole gesichert werden soll.
Zusammen mit dem oben erwähnten ISO/IEC-Dokument wurde auch der Entwurf ISO/DIS 3511/II vom Februar 1973 in Umlauf gegeben. Dieser Entwurf ist eine Erweiterung des ST 3511/I. Er enthält Ergänzungen bei den Kennbuchstaben und bei Symbolen, die vorwiegend auf die nähere Kennzeichnung der gerätetechnischen Verbindungen mit der technologischen Ausrüstung gerichtet sind. Die wichtigsten Kennbuchstaben und einige Details zu MSR-Sinnbildern wurden bereits bei der Überarbeitung der TGL 14091/01 in diese aufgenommen, deshalb besteht gegenwärtig kein Bedürfnis für die Ergänzung der TGL.

msr 7532

Dipl.-Ing. *M. Zuber*, Jena[1])

# Darstellung von Stromlauf- und Bauschaltplänen mit Hilfe der EDV

IA 4.0.5.5.; 6.5.5.

## 1. Zielstellung

Bei der herkömmlichen Art der Bearbeitung von Projektunterlagen scheitert eine Verkürzung der Bearbeitungszeit vielfach an fehlender Zeichenkapazität. Dabei sind die Zeichenkräfte mit einer Vielzahl von Routinearbeiten belastet, die wesentlich schneller und besser von einem Zeichenautomaten übernommen werden könnten. Der Beitrag soll zeigen, wie mit Hilfe zweier Rechenprogramme die im Betrieb vorhandene EDVA (ODRA 1204, DIGIGRAF 1008) zur Darstellung von Stromlauf- und Bauschaltplänen genutzt wird.
Die Tätigkeit des Zeichners bei der Darstellung von Stromlauf- und Bauschaltplänen, die ja den wesentlichen Anteil der Zeichenarbeiten bei der Anfertigung von Unterlagen elektrotechnischer Projekte ausmacht, kann grob in folgende Schritte unterteilt werden:

- Abschätzen der Abmessungen des Planes bei normgerechter Darstellung und Wahl des Papierformates auf der Grundlage der Handskizze des Projektanten
- Festlegen der Anordnung der Bauelemente und der Strompfade und Vorzeichnen auf das gewählte Papierformat
- exakte und pausfähige Darstellung der Bauelemente und der Strompfade
- Beschriftung des Bauschalt- bzw. Stromlaufplanes.

Der wesentliche Anteil der Bearbeitungszeit wird für die beiden letztgenannten Tätigkeiten benötigt, wobei insbesondere die exakte Darstellung der Schaltsymbole einen hohen Anteil von Routinearbeiten enthält.

[1]) Mitteilung aus dem VEB Institut Technisches Glas Jena.

Die Seiten 143 bis 158
waren in der Zeitschrift msr H3 v. 82
nicht enthalten. TIH Leeman

Dr.-Ing. *R. Wolf* und Dipl.-Ing. *K. Fiedler*, Magdeburg

# Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (37)[1)]

## Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer



Denkbar sind die direkte Korrektur im Analogteil (Driftkompensation vor der Umsetzung) und die indirekte Korrektur nach der Umsetzung durch Veränderung des Digitalworts. Die direkte Korrektur arbeitet nach Bild 13. Es wird eine Korrekturspannung $U_k$ erzeugt, die während der Korrekturzeit $T_0$ am Summationspunkt entsprechend der Bedingung

$$U_x' \pm U_0 \pm U_k = 0$$

den gegenüber dem Nullpunktpegel $U_x'$ (Anfangswert der Eingangsspannung $U_x$) entstandenen Versatz $U_0$ kompensiert.
Während der Umsetzzeit $T_M$ muß die Korrekturspannung zwischengespeichert und dem Eingangssignal überlagert werden. Geschieht das analog (Bild 14) in einem Abtast- und Haltekreis gemäß Bild 12, läßt sich der Nullpunktfehler der Analogschaltungen eliminieren.
Soll der Fehler des Digitalteils mit erfaßt werden, ist die digitale Ausgangsinformation zur Gewinnung der Korrekturspannung zu nutzen. Das läßt sich mit dem in Abschn. 2. beschriebenen Verfahren der D/A-Umsetzung realisieren. Entscheidend für den nötigen Aufwand ist dabei der verwendete Kode des Digitalworts.

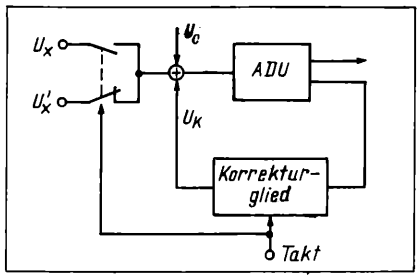



**Bild 13. Direkte Nullpunktkorrektur**

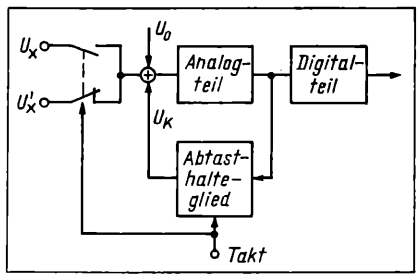



**Bild 14. Nullpunktkorrektur mit Analogspeicher**

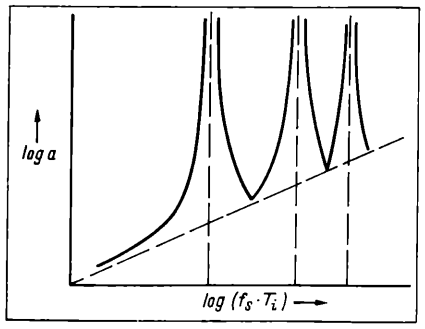



**Bild 15. Störungsunterdrückung integrierender A/D-Umsetzer**

[1)] Teil 36 erschien im Heft 2/1982.

### 3.2. *Verfahren mit indirekter Umsetzung* [10]

Diese Verfahren benutzen zur Umsetzung die Zeit als Zwischengröße und werten diese mit digitalen Meßmethoden aus. Dabei wird zwischen Umsetzern unterschieden, die als Zwischenwert ein Zeitintervall verwenden, und solchen, die in eine Frequenz umsetzen. Derartige Umsetzer sind zwar langsam, da sie das Zählverfahren repräsentieren, ihr Aufbau ist aber relativ einfach und sie arbeiten meist integrierend. Durch die Auswertung des Mittelwertes des Eingangssignals in einem bestimmten Zeitintervall erfolgt eine Unterdrückung von überlagerten Störspannungen, wie im Bild 15 gezeigt wird. Für ganzzahlige Werte des Produkts aus der Frequenz $f_s$ einer sinusförmigen Störung und der Integrationszeit $T_i$ entsteht ein Dämpfungspol. Zwischenwerte entsprechen der Dämpfung eines RC-Gliedes $\left(RC = \frac{T_1}{2}\right)$.

In moderner Technologie hergestellte Umsetzer erreichen Linearitätsfehler bis $2 \cdot 10^{-5}$ und Temperaturfehler bis $10^{-4}$/10 k bei Eingangsspannungen von 0 ... 10 V [11]. In Tafel 1 sind entsprechende Umsetzer in Halbleiterblocktechnik aufgeführt [4].

#### 3.2.1. Umsetzer mit einem Zeitintervall als Zwischengröße

##### 3.2.1.1. Sägezahnumsetzer

Entsprechend Bild 16 werden eine konstante Spannung und eine Spannung mit konstantem Anstieg (Sägezahn) miteinander verglichen. Das Zeitintervall von einem vorgegebenen Anfangswert des Sägezahns bis zur Gleichheit beider Spannungen wird digital gemessen. Zwei Ausführungsvarianten sind möglich:

1. $U_1$ stellt die Eingangsspannung dar, $U_2$ wird im Umsetzer erzeugt.
   Das Prinzip ist ungünstig, da es Momentanwertumsetzung zum Zeitpunkt $t_1$ durchführt und nur geringe Genauigkeitsforderungen erfüllt (Fehler $\geqq 0{,}05\%$).

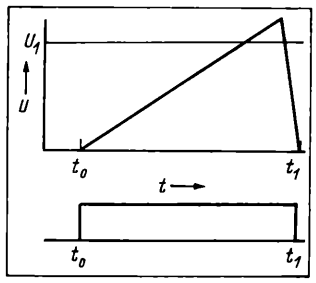
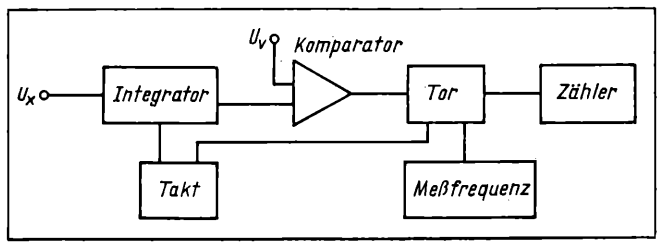



**Bild 16. Prinzip des Sägezahnumsetzers**

**Bild 17. Sägezahnumsetzer mit Integration der Eingangsspannung**



2. $U_1$ ist eine feste Vergleichsspannung, $U_2$ wird durch Integration des Eingangssignals gewonnen. Damit arbeitet der Umsetzer integrierend. Die Steilheit des Anstiegs von $U_2$ ist proportional der Eingangsspannung, somit auch das Zeitintervall $(t_0 - t_1)$. Es werden relativ hohe Genauigkeiten (Fehler $\leqq 0{,}01\%$) erreicht.

Die für die digitale Zeitmessung des Intervalls $(t_0 - t_1)$ notwendige genaue Meßfrequenz erhöht allerdings den Aufwand des Sägezahnumsetzers gegenüber anderen Verfahren derart, daß er heute praktisch bedeutungslos geworden ist.

### 3.2.1.2. Dual-slope-Verfahren

Das Dual-slope-Verfahren (Zweischrittintegration) geht von der Tatsache aus, daß die Ausgangsspannung $U_A$ eines Integrators für konstante Integrationszeit $T_M$ proportional der Eingangsspannung $U_x$ ist. Wird dieser Integrator anschließend mit konstantem Strom und damit konstanter Steilheit entladen, ist die Entladezeit $T_E$ proportional der Eingangsspannung (Bild 18). Die Spannung $U_A$ ist zum Zeitpunkt $t_1$

$$U_A(t_1) = U_x \frac{T_M}{R \cdot C} \qquad \text{(1. Schritt).}$$

Für den Zeitpunkt $t_2$ gilt

$$U_A(t_2) = 0 \qquad \text{(2. Schritt)}$$

und damit

$$U_A(t_2) = 0 = U_A(t_1) - U_N \cdot \frac{T_E}{RC},$$

$$U_x = U_N \frac{T_E}{T_M}.$$

Werden die Zeiten $T_E$ und $T_M$ aus der gleichen Grundfrequenz abgeleitet, spielt deren Langzeitstabilität keine Rolle, ebenso die des Integrators. Langzeitstabilität ist nur für die Referenzspannung $U_N$ zu fordern. Das ist ein entscheidender Vorteil des Verfahrens gegenüber dem Sägezahnumsetzer, woraus dessen weite Verbreitung resultiert. Das Dual-slope-Verfahren erreicht Umsetzfehler in der Größenordnung von 0,01%. Hinsichtlich kleiner Eingangssignale wird der Einsatzbereich durch die Fehler des Analogschalters im Eingang begrenzt. Kurzzeitstabilität wird für die gesamte Anordnung nur für eine Meßperiode gefordert.

In der praktischen Anwendung kann das Verfahren um zusätzliche Hilfsschritte erweitert werden (Quad-slope-Verfahren).

### 3.2.2. Umsetzer mit einer Frequenz als Zwischengröße

Umsetzer nach diesem Verfahren werden in der Literatur allgemein als Spannungs- bzw. Strom-Frequenz-Umsetzer bezeichnet. Da eine Vielzahl theoretischer Möglichkeiten existiert, soll zuerst ein Überblick gegeben werden. Das Prinzip der Umsetzer besteht darin, Schaltungen mit zeitvariantem Verhalten durch das Eingangssignal so zu steuern, daß sie Schwingungen mit einer dem Eingangssignal proportionalen Frequenz ausführen. Tafel 2 zeigt eine entsprechende Systematik. Die Steuerung von freischwingenden Generatoren, z. B. beim Multivibrator durch Beeinflussung der zeitbestimmenden Umladevorgänge der Zeitkonstanten, ist heute bedeutungslos, da die Daten ungenügend sind (die Grundfrequenz stellt eine Verschiebung der Wandlerkennlinie dar, die Liniarität ist nur in engen Grenzen befriedigend).

msr 7526 (wird fortgesetzt)

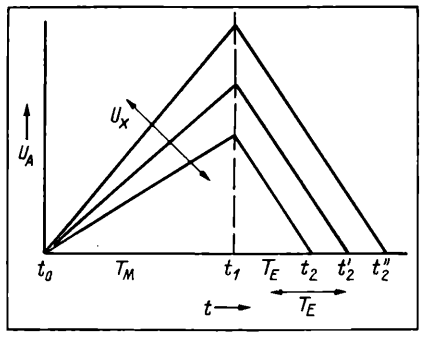



**Bild 18. Prinzip des Dual-slope-Umsetzers**

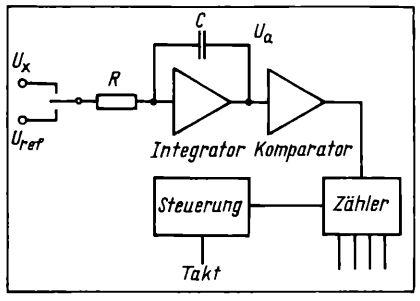
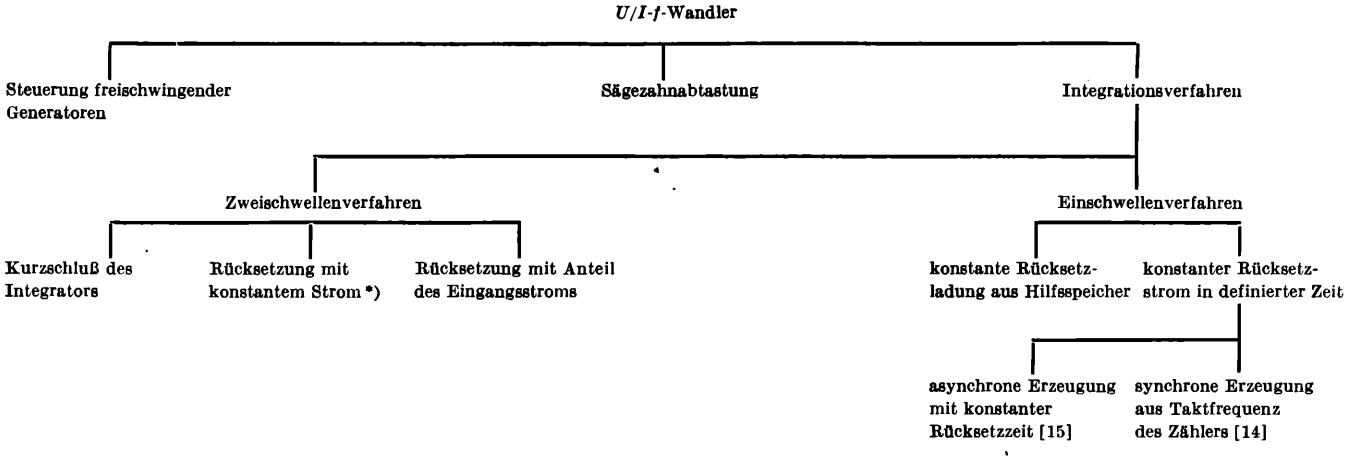



**Bild 19. Aufbau des Dual-slope-Umsetzers**

**Tafel 2. Systematik der *U/I-f*-Wandler**




*) Ladungsgleichgewicht (Charge Balancing)

# Explosionsgeschützte BMSR-Geräte außerhalb der Gefährdungszonen – was geschieht mit der (Ex)-Kennzeichnung?

IA 6.4.

Über den zweckentfremdeten Einsatz explosionsgeschützter BMSR-Betriebsmittel gibt es selbstverständlich keine speziellen Vorschriften. Daß einige Betriebe der chemischen Industrie aus unterschiedlichen Gründen darin betriebliche Vorteile erkennen, soll an dieser Stelle jedoch nicht diskutiert werden.

Über den Zweck der Kennzeichnung von (Ex)-Betriebsmitteln nach TGL 19491/11 [1] herrschen in der Praxis nicht immer klare Vorstellungen. Die Betriebsmittelkennzeichnung bezieht sich eindeutig nur auf die Schutzeigenschaften des konstruktiv vorhandenen Explosionsschutzes, d. h. auf das Betriebsmittel selbst. Es ist nicht richtig, daraus Schlüsse auf die Art oder die Ausdehnung explosionsgefährdeter Zonen ableiten zu wollen. Aus mehrfachen Gründen wird der konstruktiv vorhandene Explosionsschutz (Zündgruppe, Explosionsklasse, Schutzart) in der Regel nicht optimal auf die entsprechenden Gefährdungsmerkmale abgestimmt sein, sondern höheren Anforderungen entsprechen. Der Projektant rüstet nur teilweise explosionsgefährdete Außenanlagen oder Räume oft einheitlich aus. Man würde die Gefährdungsmerkmale erheblich überschätzen, wenn man sich nur am Explosionsschutz der Betriebsmittel orientierte. Andererseits unterliegen (Ex)-Betriebsmittel besonderen Instandhaltungsbedingungen [2] und [3]. Nicht in den Revisionszyklus einbezogene (Ex)-Betriebsmittel gefährden das Sicherheitsniveau einer explosionsgefährdeten Arbeitsstätte ebenso wie unvorschriftsmäßige Instandsetzungen. Die vorschriftsmäßige Kennzeichnung von (Ex)-Betriebsmitteln in den Gefährdungszonen im Unterschied zu Betriebsmitteln anderswo unterstützt das ordnungsgemäße Instandhalten wesentlich.

Aus diesem Blickwinkel ergeben sich zwei Varianten:

1. Wenn (Ex)-Betriebsmittel außerhalb von explosionsgefährdeten Zonen eingesetzt werden und bis zur Verschleißgrenze dort verbleiben, empfiehlt es sich, alle (Ex)-Kennzeichnungen am Betriebsmittel unkenntlich zu machen. Die Betriebsmittel unterliegen dann nicht mehr den Auswahl- und Instandhaltungsbedingungen des Explosionsschutzes. Jede BMSR-Werkstatt darf Reparaturen oder Umrüstungen vornehmen. So können z. B. Sonderverschlüsse (Dreikantschrauben) durch normale Schraubverbindungen ersetzt werden, und für (Ex)i-Betriebsmittel entfallen die Grenzwerte für die Zündwilligkeitsgruppen und Kategorien.

2. Wenn (Ex)-Betriebsmittel hauptsächlich aus Gründen der einheitlichen Reservehaltung auch zweckentfremdet eingesetzt werden, dann muß die (Ex)-Kennzeichnung erhalten bleiben. Vor erneutem Einsatz unter (Ex)-Bedingungen ist das betreffende Betriebsmittel jedoch einer zugelassenen Werkstatt [3] zur Instandsetzung zu übergeben.

Nach TGL 19491/11 kommt die Kennzeichnung des Explosionsschutzes (und des Schlagwetterschutzes) am Betriebsmittel auf zweifache Weise zum Ausdruck: durch das standardisierte Zeichen mit den Buchstaben (Sch) und/oder (Ex) und durch das Prüfschild, das u. a. die Kurzzeichen des Explosionsschutzes enthält. Leistungs- und Prüfschild sind auch kombiniert zulässig. Das (Sch) (Ex)-Kennzeichen kann sowohl eingegossen, geprägt oder als Schild aufgebracht sein. Äußere Schilder bestehen meist aus Metall und sind aufgenietet oder aufgeklebt. Ein Doppel der kompletten Beschilderung befindet sich in der Regel im Inneren des Betriebsmittels. Da es keine Möglichkeit gibt, durch Entfernen eines dieser Schilder alle Hinweise auf den (Sch) (Ex)-Schutz zu tilgen, sollten die erforderlichen Änderungen an der Beschilderung jeweils betriebsspezifisch einheitlich festgelegt werden. Beim Unkenntlichmachen der (Ex)-Kennzeichnung kommt es darauf an, die beabsichtigte Veränderung zweifelsfrei und dauerhaft zu markieren, ohne dabei die elektrotechnischen Kenndaten zu löschen. Eingegossene oder geprägte (Sch) (Ex-)Zeichen dürfen nicht mehr lesbar sein. Das Unkenntlichmachen gilt auch für die Kennzeichnung an Einbauteilen, z. B. für die Lampenfassungen in (Ex)e-Leuchten. An nicht reparablen Einbauteilen, beispielsweise vergossenen Drucktastern, kann jedoch die Ex-Kennzeichnung bestehen bleiben. Auf dem äußeren Prüfschild müssen die Kurzzeichen für den Explosionsschutz gemäß TGL 19491/11 (Zündgruppe, Explosionsklasse usw.) unkenntlich gemacht werden, z. B. durch Prägung mit Schlagzeichen oder auf andere dauerhafte Art.

**Literatur**

[1] TGL 19491/11: Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel; Kennzeichnung. Ausgabe Mai 1977.

[2] TGL 200-0621/02: Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten; allgemeine sicherheitstechnische Forderungen. Ausgabe Januar 1978.

[3] TGL 200-0050: Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel, Werkstätten für Instandsetzungen und Änderungen; /01: Technische Forderungen. Ausgabe November 1972. /02: Richtlinie für Prüfungen, Ausgabe November 1972.

msr 7555 Obering. *J. Pester*, FUA 1.11 der KDT (Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten)

## Konsultationsstützpunkt „Mengen- und Durchflußmeßtechnik" am Maschinenlaboratorium der Technischen Universität Dresden

Der Fachunterausschuß Durchflußmeßtechnik im Fachausschuß Meßgeräte der WGMA hatte auf seiner Gründungstagung (siehe hierzu Mitteilung msr **24** (1981) H. 2, S. 110) beschlossen, einen Konsultationsstützpunkt „Mengen- und Durchflußmeßtechnik" zu gründen. Gemeinsam mit dem Wissenschaftsbereich Meß- und Automatisierungstechnik der Sektion Energieumwandlung wurden am Maschinenlaboratorium der TU Dresden die materiellen und organisatorischen Voraussetzungen für diesen neuen Konsultationsstützpunkt geschaffen. Das Beratungszentrum stellt sich die Aufgabe, einem breiten Anwenderkreis seine Erfahrungen beim Einsatz von Meßgeräten und Meßverfahren auf dem Gebiet der Mengen- und Durchflußmessung zu vermitteln und Anregungen zur Lösung von Meßaufgaben zu geben. Dazu gehören:

- Konsultationen zu allgemeinen und speziellen Aufgaben der Durchflußmessung von Flüssigkeiten und Gasen
- Hinweise zur Auswahl geeigneter Meßverfahren und gerätetechnischer Lösungen
- Einsicht in Dokumentationen und Kataloge zur Durchflußmessung; Literaturhinweise
- Probleme der Prüfung von Meßeinrichtungen
- Hinweise zu vorhandenen Prüfmöglichkeiten und Meßstrecken
- Erarbeitung von Gutachten.

Die Konsultationen werden von den Mitgliedern des FUA Durchflußmeßtechnik und Mitarbeitern des WB Meß- und Automatisierungstechnik durchgeführt. Die Vermittlung zu speziellen Problemen erfolgt über den Sekretär des FUA. Anmeldungen und Anfragen sind bitte schriftlich mit genauer Problemstellung an folgende Postanschrift zu richten:
Dr.-Ing. *G. Urner*,
Sekretär des FUA Durchflußmeßtechnik,
Technische Universität Dresden,
Sektion Energieumwandlung,
WB Meß- und Automatisierungstechnik,
8027 Dresden, Mommsenstr. 13.

msr 7587 *H. Kluge*



## XIII. Kraftwerkstechnisches Kolloquim

Am 20. und 21. Oktober 1981 fand in Dresden das XIII. Kraftwerkstechnische Kolloquium zum Thema „Vorbereitung und Betrieb von Kraftwerksanlagen — Prozeßführung, Meßtechnik, Automatisierung" statt, das durch die Sektion Energieumwandlung der Technischen Universität Dresden gemeinsam mit der Wissenschaftlichen Sektion Elektroenergie der Wissenschaftlich-Technischen Gesellschaft für Energiewirtschaft, dem Industriezweigaktiv Kraftwerksanlagenbau der KDT und dem Wissenschaftlichen Rat des Forschungsprogramms „Ingenieurtechnische Grundlagen der Energiewirtschaft" des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen veranstaltet wurde. 460 Teilnehmer aus Kombinaten und wissenschaftlichen Einrichtungen der DDR sowie aus der UdSSR, der ČSSR, der VR Polen, der Ungarischen VR, der VR Bulgarien, Österreich, der BRD und Finnland konnten begrüßt werden.

In seinem Plenarvortrag „Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und interdisziplinäre Zusammenarbeit" zog *E. Herlitzius* (Dresden), ausgehend von den qualitativen Wachstumsfaktoren der Gesellschaft und den Merkmalen der wissenschaftlich-technischen Revolution, Schlußfolgerungen für die Verbindung zwischen Wissenschaft und Produktion.

*H. Töpfer* (Dresden) stellte in seinem Hauptvortrag die durch den Wandlungsprozeß der Automatisierungstechnik entstandenen Möglichkeiten für neue Konzepte der Prozeßsteuerung und Prozeßoptimierung in den Mittelpunkt. Er machte jedoch auch die Probleme deutlich, die insbesondere auf den Gebieten der Meß- und Stelltechnik, der Prozeßanalyse und Modellbildung und der automatisierungsgerechten Anlagengestaltung zu lösen sind. Über den Einsatz von Mikrorechnern zur Durchfluß- und Wärmestrommessung sowie zur Umwertung von Volumenströmen berichteten *H. Kluge*, *D. Netzband* und *H. Wengors* (Dresden). Im vierten Plenarvortrag gaben *P. Besch*, *H. Ludwig* (Dresden) und *Ch. Löffler* (Vetschau) einen Überblick über den Stand der Kraftwerksautomatisierung in der DDR. Dabei wurden die Bedeutung der Automatisierung für die Verfahrensentwicklung, Anlagenprojektierung und Betriebsführung dargestellt und Schlußfolgerungen für die arbeitsteilig zu lösenden Entwicklungsaufgaben bei der Einführung neuer Gerätesysteme in die Kraftwerkstechnik gezogen.

In den Plenarvorträgen, den 26 Vorträgen und der Diskussion wurde deutlich, daß die Anforderungen an die Prozeßführung, die Meßtechnik und Automatisierung sich aus den durch die Energiewirtschaft zu lösenden Aufgaben ableiten, die zwingend eine Senkung des spezifischen Energieträgereinsatzes, eine weitere Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlagen und eine ausreichende Manövrierfähigkeit notwendig machen. Die Substitution hochwertiger Energieträger, der verstärkte Einsatz der Kernenergie und die Optimierung der Fahr- und Einsatzweise bei zunehmender Verflechtung von Energieanlagen zu Verbundsystemen machen die Einführung neuer Automatisierungsverfahren und die Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation auf der Grundlage einer dezentralen Informationsverarbeitung zur Überwachung, Steuerung und Regelung von Funktionsgruppen und Teilanlagen und einer rechnergestützten Optimierung und Entscheidungsvorbereitung notwendig. Gleichzeitig muß durch den Einsatz einer neuen Automatisierungsanlagengeneration der Projektierungsaufwand gesenkt und die Zuverlässigkeit der Gesamtanlage und ihrer Komponenten erhöht werden.

Nachdem digitale Automatisierungsgeräte und -anlagen zunächst in weniger komplexen industriellen Einsatzgebieten, später in der Stahlindustrie, der metallverarbeitenden Industrie, der Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik Eingang gefunden haben, wird verstärkt an der Entwicklung und Erprobung von Automatisierungsanlagen auf der Grundlage mikroelektronischer Geräte für die Kraftwerkstechnik gearbeitet. Im Mittelpunkt stehen Konzeption und Struktur der Gesamtanlage, Erprobungen von Verfahren und Gerätesystemen sowie Fragen der Prozeßkopplung, der Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Über das automatische Steuersystem technologischer Prozesse (ASTP), das in der ČSSR an 200-MW-Blöcken eingesetzt wird, berichteten *V. Faltejsek*, *J. Hruby* und *B. Pidermann* (Prag). Mit dem Prozeßrechner ADT 4100 werden seit 1976 digitale Regelalgorithmen für die Verbrennungsregelung, Blockleistungsregelung und Dampftemperaturregelung erprobt, die sich im Betrieb bewährt haben.

Für die Automatisierung großer Kraftwerksblöcke in der VR Polen (*St. Kolkiewicz* (Wrocław/VR Polen)) wurde ein elektronisches System mit Funktions-

gruppensteuerungen (MASTER) und Regeleinrichtungen (INTELEKTRAN-S) entwickelt, das auch Geräte für die Anfahrsteuerung (TURBOSTER) und die Leistungsregelung (UNIMAT) enthält. Die Erprobung erfolgt an 360-MW- und 500-MW-Blöcken. Zunehmend werden dezentrale Automatisierungsgeräte mit Mikroprozessoren für die Prozeßüberwachung, Steuerung und Regelung eingesetzt. Die Konzeption der Kraftwerksautomatisierung in der Ungarischen VR (*G. Papp, R. Szilagyi* (Budapest)) baut auf dem Mikrorechner-System VIDEOTON RPT-80 mit dem Mikroprozessor INTEL 8080 als Zentraleinheit auf. Die ersten Geräte werden 1982 eingesetzt.

*E. Welfonder* (Stuttgart/BRD) stellte die Systeme für die Kraftwerksautomatisierung der Firmen BBC (PROCONTROL P), Siemens (TELEPERM M), Hartmann & Braun, Schoppe & Fäser (CONTRONIC P) sowie Hilfsmittel für die Software-Erarbeitung vor. Während für einfachere Automatisierungsaufgaben Strukturübersetzer geschaffen wurden, die die Verwendung von Standard-Funktionsbausteinen gestatten, ohne daß der Anwender über spezielle Kenntnisse einer Programmiersprache verfügen muß, soll für komplexe Automatisierungsaufgaben die Programmiersprache PEARL für die verwendeten Mikrorechner-Systeme implementiert werden.

*F. Baldeweg, W. Enkelmann* und *J. Klebau* (Dresden) stellten ein dezentrales hierarchisches Informationssystem (HIS) zur Prozeßüberwachung, Prozeßsteuerung und zum Einsatz spezieller Industrieroboter für den Forschungsreaktor im ZfK Rossendorf auf der Basis der in der DDR gefertigten Mikrorechner (PRA 30, K 1630, ursadat 5000) vor.

Erfahrungen bei der Automatisierung von Kraftwerksturbinen mit Hilfe digitaler Steuerautomaten vermittelte *J. Kopeček* (Plzeň/ČSSR). *D. Riedel* (Mannheim/BRD) erläuterte das Leittechnik-Konzept für Turbinenanlagen der Firma BBC.

Eine Reihe von Beiträgen war den Einsatzerfahrungen von Prozeßrechnern gewidmet, die seit einigen Jahren zum festen Bestandteil des Automatisierungssystems großer Energieanlagen gehören und neben der Prozeßüberwachung auch für Aufgaben der Prozeßführung, der Meßdatenauswertung und der Einsatzoptimierung Anwendung finden, so z. B. zur energetischen Überwachung, Abrechnung und Analyse von Kraftwerksblöcken (*L. Unger, L. Bobert* (Vetschau)), als rechnergestütztes Betriebshandbuch zur Ausgabe von Entscheidungshilfen (*H. Roggenbauer* (Seibersdorf/Österreich)), zur Steuerung des Wärmeverbrauches in Fernwärmeversorgungssystemen (*G. Mumdjian, A. Kirij, E. Entschev* (Sofia)), in der Zellstoffindustrie (*T. Korpela, V. Tinnis, N. Rutishauser* (Helsinki)); *A. Lehmann* (Wien)) und zur Auswertung von Vergleichsmessungen an Dampfturbinen (*C. J. Fogelholm* (Helsinki)).

Wesentliche Grundlagen für die Einführung neuer Verfahren und Geräte liefern die theoretische und experimentelle Prozeßanalyse, die Untersuchung und Optimierung des Anlagenverhaltens mit Hilfe mathematischer Modelle und der darauf aufbauende Entwurf der Regelungsstruktur. Über die Modellierung des regelungsdynamischen Verhaltens eines 200-MW-Kraftwerksblockes mit Zwangdurchlaufdampferzeuger berichteten *J. Jarkovsky, J. Kartak, V. Medula, J. Fessl* (Prag), über neue Methoden zur Bestimmung der zulässigen Leistung von Druckwasserreaktoren *G. Ackermann* und *W. Horche* (Zittau). Modelle für regelungstechnische Untersuchungen wurden für Dampfturbinen von *W. Teichmann* und *K. Rosenbaum* (Zittau), für Gasturbinen von *St. Perycz* (Gdańsk/VR Polen), für ein Notstrom-Dieselaggregat von *Z. Szczerba, Z. Kowalski* und *W. Lastowski* (Gdańsk/VR Polen), für die Optimierung der Instandhaltung von Kraftwerksanlagen mit Hilfe der technischen Diagnostik von *M. Pikman, O. Ubra, V. Skokan* (Prag) und für die ökonomische Bewertung der Automatisierung energetischer Systeme von *A. Zelenski* und *T. Kalinowski* (Wrocław/VR Polen) vorgestellt. Damit ist es möglich, optimale Strukturen von Regelschaltungen zu bestimmen, wie von *G. Focke* (Dresden) am Beispiel der Dampferzeugerleistungsregelung gezeigt wurde.

Eine Ergänzung bildeten die Beiträge zur Entwicklung und Erprobung kraftwerkstypischer Meßeinrichtungen von *R. Schubert* und *D. Müller* (Vetschau) ($O_2$-Meßeinrichtung URSALYT-RG), einer elektrohydraulischen Turbinenleistungsregelung von *Z. Domachowski* und *Z. Klimacki* (Gdańsk/VR Polen) und zu Automatisierungsproblemen an Industriekesseln und -dampfturbinen von *A. Lisicki* und *H. Kierszenkiern* (Łodz/VR Polen) sowie an Mittellast-Dampferzeugern von *J. Kriška* (Brno/ČSSR).

*R. Winkler* (Dresden) und *H. Venz* (Greifswald) machten auf neue Aufgaben der chemischen Betriebsüberwachung in Kraftwerken aufmerksam, die insbesondere durch die Integration der Rechentechnik in Meßverfahren und Analysengeräten gelöst werden können.

Über Schlußfolgerungen für die Betriebsführung aus der Schadensforschung an Turbinenanlagen berichtete in einem interessanten Vortrag *J. Mehlhorn* (Berlin).

Insgesamt gab das XIII. Kraftwerkstechnische Kolloquium einen Überblick über die aktuellen Aufgaben der Kraftwerksautomatisierung und die zu ihrer Lösung erforderlichen Grundlagen auf den Gebieten der Prozeßanalyse, Meßtechnik, Verfahrensentwicklung und Anlagengestaltung. Es wurde überzeugend dargestellt, daß die Entwicklung und der Einsatz eines speziellen Zweiges mikrorechner-orientierter Automatisierungsanlagen für Kraftwerke für die Sicherung der Elektroenergie- und Wärmeversorgung der kommenden Jahre zwingend notwendig ist und eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Kraftwerksprojektanten, dem Automatisierungsanlagenbau und dem Betreiber erfordert. msr 7568 *P. Besch; H. Kluge*

## Kolloquium an der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig am 28. Oktober 1981

**„Neue Möglichkeiten der Prozeßautomatisierung durch Anwendung der Mikroelektronik"**

Die Automatisierung technologischer Prozesse auf der Basis von Mikrorechnern rückt zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses, sie ist zugleich eine volkswirtschaftliche Notwendigkeit. Zu diesem Thema sind Wissenschaft und Praxis gleichermaßen angesprochen. Es geht dabei einerseits um die Aufdeckung der potentiellen Möglichkeiten der Mikrorechner als Automatisierungsmittel, andererseits um die Entwicklung neuer zugeschnittener Verfahren und um die Anpassung und Praxisaufbereitung bekannter theoretischer Ansätze.

Das o. g. Kolloquium, das von *H. Ehrlich* geleitet wurde, befaßte sich in vier Vorträgen mit Teilproblemen dieser Thematik.

Im ersten Beitrag von *P. Neumann* (TH Magdeburg) wurde das Konzept PVM 5000 der neuen Anlagengeneration des Kombinats Automatisierungsanlagenbau vorgestellt, das auch die Realisierung komplizierter Steuerungsalgorithmen und -strukturen zuläßt.

Auf die komplexe Behandlung von Automatisierungsaufgaben und -zielstellungen unter Einbeziehung aller Produktionsphasen wurde im zweiten Vortrag von *H. Ehrlich* hingewiesen. Insbesondere sind die Anfahr- und Umsteuerungsprozesse bzw. die Verknüpfung von logischen Entscheidungen und Steuerungs- bzw. Regelungsalgorithmen zu beachten.

Im Vortrag von *M. Locke* wurde über die neuere Entwicklung der Systemtheorie berichtet, die die Herausbildung integrativer Grundlagen für unterschiedliche spezielle Systemklassen zum Ziel hat. Schlußfolgerungen aus der systemtheoretischen Betrachtung lassen sich daraus auch für Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern ableiten.

Der vierte Beitrag von *K.-P. Schulze* befaßte sich mit der Anwendung der Prinzipien der Adaption für die Steuerung, insbesondere aber für die Identifikation als eine effektive Möglichkeit der Gewinnung von Systemmodellen nichtlinearer bzw. zeitvarianter Steuerungsobjekte.

Das rege Interesse, das der Veranstaltung entgegengebracht wurde, drückte sich in der Anzahl von 56 Teilnehmern — darunter 26 Gäste der einladenden Sektion — und in den zahlreichen Diskussionsbeiträgen aus. msr 7561 *H. Ehrlich*

# 4. Arbeitstagung „Algorithmisierte Prozeßanalyse"

Die 4. Arbeitstagung „Algorithmisierte Prozeßanalyse" wurde vom Bereich Regelungssysteme des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR und der Arbeitsgruppe „Prozeßanalyse und Modellbildung" des Kooperationsrates Technische Kybernetik im September 1981 in Dresden durchgeführt. Das Tagungsprogramm enthielt einen Plenarvortrag zur Identifikation in großen technischen Systemen und 17 Vorträge zu neueren Forschungsergebnissen auf den Gebieten der Identifikation in rückgekoppelten Mehrgrößensystemen, der theoretischen Prozeßanalyse und der Modellvereinfachung sowie der Anwendung von Mikrorechnern zur Identifikation. Außerdem wurden in sechs Kurzvorträgen eine Reihe von Programmpaketen zur Lösung verschiedener Identifikationsaufgaben erläutert. Die Vorabdrucke des Plenarvortrages und der 17 Hauptvorträge sind in einem vom ZKI herausgegebenen Sonderheft der ZKI-Informationen enthalten.

An der Tagung nahmen rd. 120 Fachleute aus den entsprechenden Akademie- und Hochschuleinrichtungen sowie der Industrie teil.

Im Plenarvortrag von *H.-H. Wilfert* und *G. Bretthauer* (Dresden) „Einige Aspekte bei der Identifikation in großen technischen Systemen" wurden der bei diesen volkswirtschaftlich bedeutsamen Systemen aus der Literatur erkennbare wissenschaftliche Stand zusammengefaßt und eine Reihe von offenen Problemen diskutiert. Besonders eingegangen wurde auf die verschiedenen Möglichkeiten der Identifikation von räumlich zentralen und dezentralen Einebenensystemen durch Dekomposition des Gesamtprozesses, wobei hierarchisch und sequentiell gestaltete Identifikationsalgorithmen betrachtet wurden. Danach wurden Mehrebenensysteme untersucht, bei denen auf Kaskadenstrukturen zurückzuführende hierarchische Systeme und echt hierarchisch strukturierte Systeme behandelt wurden.

*Identifikation rückgekoppelter Mehrgrößensysteme*

Im einleitenden Vortrag von *G. Bretthauer* „Zusammenhänge zwischen den Identifikationsmethoden für rückgekoppelte Mehrgrößensysteme" wurden die Beziehungen zwischen der direkten Identifikationsmethode (DI), der Verbundprozeßmethode (VPM) und der Korrelationsmethode (KV) dargestellt. Gezeigt wurde, daß die DI und die VPM unter gleichen experimentellen Bedingungen ineinander überführbar sind, daß die VPM auf der zweimaligen Anwendung der KV beruht und daß der KV eine besondere Bedeutung bei den Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit der einzelnen Identifikationsverfahren zukommt.

Anschließend wurden von *T. Gamaleja* (Dresden) in dem Vortrag „Experimentelle Erprobung der Korrelationsmethode zur Identifikation rückgekoppelter stetiger Systeme" Untersuchungsergebnisse über die Leistungsfähigkeit der Methode der Korrelation und kleinsten Quadrate für die Identifikation rückgekoppelter Mehrgrößensysteme vorgestellt und daraus die für eine brauchbare Identifikationsgenauigkeit an Klein- bzw. Mikrorechner zu stellenden Anforderungen bezüglich Rechenzeit und Speicherplatzbedarf abgeleitet.

*G. Lauckner* (Dresden) sprach über „Forderungen an die Modelle allpaßhaltiger Mehrgrößenstrecken für den Reglerentwurf im Frequenzbereich". Er erläuterte den Zusammenhang zwischen dem Allpaßverhalten des Gesamtsystems und dem Allpaßverhalten der Hauptdiagonalelemente der verallgemeinerten diagonaldominanten Übertragungsmatrix und leitete davon Forderungen an die Modellform, die Modellgenauigkeit und den Modellumfang ab.

Im Vortrag von *P. Otto, K. Sokollik, J. Wernstedt* (Ilmenau) und *H. Diezemann* (Großbeeren) „Zur experimentellen Prozeßanalyse eines Innentemperaturmodells zur Mikrorechnersteuerung von Gewächshäusern" wurde für den Gewächshaustyp G 300 ein Modellkonzept vorgestellt, das das Gesamtmodell aus Signalmodellen für die Außenklimagrößen und aus einem $p$-kanonischen Systemmodell für die Innentemperatur bestimmt. Die hierfür angewendeten Verfahren wurden beschrieben und die damit erhaltenen Ergebnisse diskutiert.

Von *A. Seifert* (Ilmenau) wurde die „Parameterschätzung dynamischer Systeme bei stark korrelierten Einflußgrößen und Beschränkungen für das Modell" betrachtet. Untersucht wurde der Einfluß der Multikollinearität auf ein quadratisches Gütekriterium. Die dabei an simulierten Beispielen erhaltenen Ergebnisse wurden erläutert.

*Theoretische Prozeßanalyse und Modellvereinfachung*

*G. Brack* (Merseburg) stellte in dem einleitenden Vortrag „Strategien zur einfachen Modellierung technologischer Prozesse" vor. Ausgehend von der Forderung nach guter Interpretierbarkeit wurde als Modellform ein linearer, gerichteter Graph verwendet, der das Kausalitätsprinzip, das Prinzip der asymptotischen Interpretierbarkeit und das Prinzip des inhärenten Selbstabgleiches erfüllt. Für eine Reihe von Beispielen wurden die entsprechenden Graphen diskutiert und die Wichtigkeit der physikalischen Interpretierbarkeit eines Modells hervorgehoben.

*W. Domschke* (Dresden) sprach über die „Vereinfachung linearer Zustandsmodelle durch Modellzerlegung". Er zeigte die Anwendung der modalen Zerlegung, der Zerlegung an der Steuerbarkeits- oder Beobachtbarkeitsnormalform und der Blockzerlegung zur Modellvereinfachung und diskutierte deren mögliche Einsatzgebiete.

Im Vortrag von *J. Lunze* (Dresden) „Ein Verfahren zur Modellvereinfachung bei gekoppelten Systemen" wurde die Vereinfachung des Modells eines aus zwei Teilsystemen bestehenden Gesamtsystems vom Standpunkt eines der beiden Teilsysteme aus betrachtet. Für den dabei auftretenden Approximationsfehler wurde eine obere Schranke angegeben.

Von *H. Ehrlich* und *T. Reichardt* (Leipzig) wurde eine „Strategie zur theoretischen Prozeßanalyse und ihre Anwendung auf einen Rührkesselreaktorprozeß" beschrieben, die eine Modifikation des von *Döschner* vorgeschlagenen Vorgehens darstellt. Die aus zwei Stufen bestehende Strategie wurde anhand eines exothermen Rührkesselreaktorprozesses erläutert.

*T. Reichardt* untersuchte in seinem Vortrag „Die Verwendung von Zeitmomenten und Markov-Parametern zur Reduktion der Ordnung linearer Systeme" die Leistungsfähigkeit zweier Verfahren zur Ordnungsreduktion, die sich durch einen sehr geringen Aufwand auszeichnen, und gab die Eigenschaften derartig reduzierter Modelle an.

*Anwendung von Mikrorechnern zur Identifikation*

In dem einleitenden Vortrag von *H. Strobel* und *J. Krimmling* (Dresden) „Zum Einsatz von Mikrorechnern für die automatische Ermittlung von Zustandsgrößen des Straßenverkehrs" wurden die „Reisezeitschätzung" für Straßenzüge mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate mit exponentiellem Vergessen und des Korrelationsverfahrens mit blockweisem Vergessen miteinander verglichen und ein heuristisches Verfahren zur Schätzung des Verkehrszustandes an lokalen Engpässen vorgestellt. Die damit an praktischen Beispielen erhaltenen Ergebnisse wurden diskutiert.

„Erkenntnisse bei der Realisierung der Hilfsvariablenschätzmethode am Prozeßrechner" wurden in dem Vortrag von *C. Döschner* und *S. Müller* (Magdeburg) beschrieben, wobei das erarbeitete Simulationsprogramm und erste Ergebnisse zum Einfluß der stochastischen Störung auf das Identifikationsergebnis sowie der Wahl der Systemmodellstruktur angegeben wurden.

Über einen „Korrelationsmeßplatz zur Identifikation linearer und nichtlinearer Systeme mit Mikrorechner" berichteten *R. Friedrich* und *W. Drewelow* (Rostock). Der aus der Basis eines Mikrorechners K 1520 aufgebaute Korrelationsmeßplatz wurde vorgestellt und seine Leistungsfähigkeit anhand eines simulierten Beispiels demonstriert.

Von *R. Neumann* (Karl-Marx-Stadt) wurde ein „Adaptiver Tastregler für aperiodische Regelstrecken mit Ausgleich" beschrieben. Das verwendete Identifikationsverfahren und seine Realisierung sowie die des adaptiven Tastreglers auf einem Mikrorechner K 1510 wurden erläutert und die an simulierten Beispielen erhaltenen Ergebnisse diskutiert.

## Prof. Dr. N. S. Rajbman
## 4. Februar 1921 — 8. Januar 1981

Mit dem plötzlichen Tod von Prof. Dr. *N. S. Rajbman* verloren die wissenschaftliche Welt, die IFAC und unser Institut einen hervorragenden Wissenschaftler, zuverlässigen Partner und Freund.

Er studierte am Moskauer Institut für Maschinen und Instrumente. Nach dem Abschluß des Studiums im Jahre 1943 arbeitete er in der Industrie und einem Zweiginstitut der Industrie. Seit 1959 wirkte er an der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, im Institut für Probleme der Steuerung in Moskau. Im Jahre 1967 wurde ihm die Leitung eines Laboratoriums anvertraut.
Aus seiner Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Identifikation und Parameterschätzung entsprangen mehr als 150 Veröffentlichungen. Wir können hier nur die folgenden Monografien erwähnen:

1. Grundlage der Steuerung technologischer Prozesse. Moskau: Verlag Wissenschaft 1978 (Koautor und Herausgeber).
2. Identifikation mittels Dispersionsfunktion. Moskau: Verlag Energija 1981 (Koautor und Herausgeber)
3. Modellierung von technologischen Prozessen. Moskau: Verlag Energija 1975 (zusammen mit Prof. *Tschadeev*).

Das letztgenannte Buch ist ins Englische (*Eykhoff*) und ins Deutsche übersetzt worden. Die Zusammenarbeit während der Übersetzung ist mir in wacher Erinnerung. Er war in dieser Zeit mehrwöchiger Gast am Institut (AdW, ZKI Berlin), und wir diskutierten viele Probleme und Fachtermini. Bemerkenswert war seine engagierte Grundhaltung zu Fragen der Modellbildung. Für ihn war sie das Wirkungsfeld der technischen Wissenschaften.

Seine bedeutenden wissenschaftlichen Verdienste bei der Identifikation nichtlinearer Systeme mit Anwendungen in der Zementindustrie wurden durch Verleihung des Staatspreises der UdSSR geehrt.

Allen Kybernetikern und Automatisierungstechnikern sind seine großen Verdienste um die internationale Zusammenarbeit in bester Erinnerung. Er arbeitete in Technischen Komitees der IFAC mit.

1976 fand ein Internationales Symposium „Identification and Parameter Estimation" in Tbilissi statt, das unter seiner Leitung organisiert wurde. Während der jahrelangen Vorbereitungen im Internationalen Programmkomitee lernten wir viel von ihm. Vor allem aber auch schätzten wir in ihm den stets freundlichen, verständnisvollen und zuverlässigen Menschen. Zu unserem Institut hatte er enge Beziehungen. Auch ich bin froh und stolz, mit ihm zusammengearbeitet zu haben.

msr 7567 *A. Sydow*

---

Fortsetzung von Seite 164)

*G. Lorenz*, *R. Schnabel* und *R. Wloszczynski* (Merseburg) sprachen über den „Mikrorechnereinsatz bei prozeßanalytischen Untersuchungen in der rheologischen Forschung". Die Realisierung der Versuchsautomatisierung bei solchen Untersuchungen mit Hilfe eines Mikrorechners K 1520 wurde gezeigt, und die entwickelten Software-Programme wurden angegeben.

Der „Einsatz eines Mikrorechners als Klassifikator zur Diagnose und adaptiven Steuerung" wurde im Vortrag von *S. F. Bocklisch* und *E. Lange* (Karl-Marx-Stadt) betrachtet. Das hierzu erarbeitete ESER-Programm EUKLID wurde vorgestellt, und die damit realisierten Diagnose- und Steuerungsaufgaben wurden beschrieben.

Im abschließenden Vortrag von *G. Bürger* (Dresden) „Anwendung experimentell-statistischer Methoden zur Ermittlung des statischen Prozeßmodells in der Grundlagenentwicklung eines Erzeugnisses der Elektroindustrie" wurde der Einsatz des dialogfähigen Programmsystems SMVP zur Datenanalyse, Versuchsplangenerierung, Parameterschätzung und Modelltestung für die Herstellung eines Präzisionswiderstandselementes gezeigt, und die hiermit erhaltenen Ergebnisse wurden diskutiert.

*Programmpakete zur Identifikation*

In sechs Kurzvorträgen wurden die folgenden Programmpakete vorgestellt:

| | |
|---|---|
| *H. Hinkel*; *G. Bretthauer*; *T. Gamaleja* (Dresden): | Programmpaket zur Identifikation von rückgekoppelten Mehrgrößensystemen |
| *J. Fischer* (Dresden): | Programmpaket zur multivariaten Zeitreihenanalyse |
| *G. Lorenz* (Merseburg): | Programmpaket zur Signalanalyse |
| *G. Reinig* (Schwedt): | Programmpaket zur Identifikation verfahrenstechnischer Regelstrecken |
| *S. Cramer* und *F. Müller* (Dresden): | Programme zur Durchführung und Auswertung von Versuchen zur Ermittlung statischer Prozeßmodelle auf Kleinrechnern |
| *S. Bocklisch* (Karl-Marx-Stadt): | Programmpaket zur unscharfen Klassifikation und Identifikation. |

Diese Programmpakete sind zur Lösung der entsprechenden Identifikationsaufgaben einsetzbar und können nachgenutzt werden.

msr 7552 *G. Bretthauer*; *H.-H. Wilfert*

**Auf der Leipziger Frühjahrsmesse gehören Geräte der Meß- und Automatisierungstechnik mit ihrem Einsatz in Anlagen vieler Zweige der Volkswirtschaft zu den stark beachteten Exponaten. Nachfolgend stellen wir Ihnen einige Neu- und Weiterentwicklungen einschlägiger Kombinate vor, die auf der LFM 82 zu sehen sein werden.**

### VEB Kombinat Robotron

*Weiterentwickeltes EDV-System EC 1055 M*

Mit der Vorstellung der Zentraleinheit EC 2655 M zur LFM 82, die mit dem neuentwickelten Serviceprozessor EC 7096 M, Bildschirmsystem EC 7920 M, Floppy-Disk-Eingabe / Ausgabelaufwerken aus der ČSSR sowie Wechselplattenspeichern aus der VR Bulgarien im EDV-System EC 1055 (Bild 1) ausgestattet ist, leistet der VEB Kombinat Robotron einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung des ESER. Durch hochintegrierte Schaltkreistechnik wird die Verringerung des Gerätevolumens um 33% bei gleichzeitiger Erhöhung der Hauptspeicherkapazität auf 200% erreicht. Der Energiebedarf wurde um 43% gesenkt. Die Variante EC 2655 M enthält als Spezialrechenwerk einen MATRIX-MODUL (MAMO), der als Zusatzeinrichtung angeboten wird oder in bereits installierten Zentraleinheiten nachgerüstet werden kann. Der MAMO dient zur raschen Ausführung numerischer Operationen, besonders bei der Lösung von Aufgaben mit Hilfe von mathematischen Verfahren und wird besonders zur rationellen Lösung von bisher aufwendigen Problemen in der Industrie, in wissenschaftlichen Institutionen und Projektierungsbüros angewendet. Dazu gehören z. B. Seismik und Geophysik, Optikberechnung, Baustatik, Energiewirtschaft, Meteorologie und Modellierung wissenschaftlicher Probleme. Die Leistungsfähigkeit des MAMO beträgt z. B. 2,5 Mill. Multiplikationen parallel mit 2,5 Mill. Additionen je Sekunde.

*Software-Leistungen*

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Einsatz von Computern sind ausgereifte und erprobte Problemlösungen. Der VEB Kombinat Robotron bietet seinen Anwendern neben Programmiersystemen zur Lösung von mathematisch-ökonomischen und wissenschaftlich-technischen Problemen verschiedene Datenbanklösungen sowie komplexe Projekte für verschiedene Branchen der Volkswirtschaft. Als Beispiele dafür sollen folgende anwenderorientierte Problemlösungen angeführt werden:

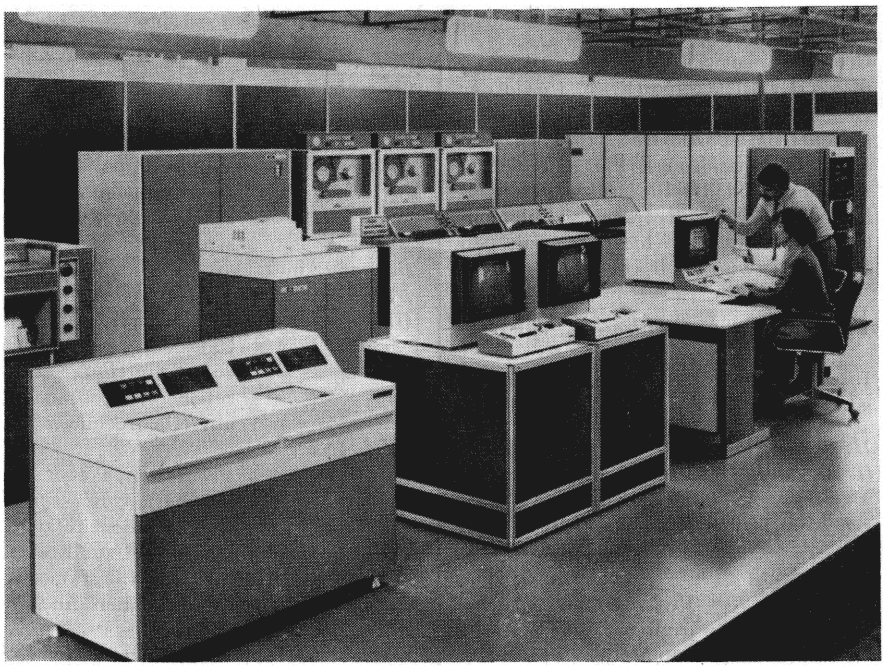
- das automatisierte Reservierungssystem für Eisenbahnen mit Datenfernverarbeitungskette und Buchungsterminals, das unter Verwendung der Programmpakete „Echtzeitverarbeitung" und „Stapelverarbeitung" Buchungen von Sitz-, Schlaf- und Liegewagenplätzen sowie die Bereitstellung verkaufsfertiger Platz-, Bett- und Liegewagenkarten für den nationalen und internationalen Eisenbahnverkehr ermöglicht
- das Projekt „Zimmerreservierung und Hotelinformation", das die Buchung für Hotelzimmer in 120 Hotels mit bis zu sechs Zimmerkategorien für einen Zeitraum von 183 Tagen gestattet
- das durch den Mikrorechner robotron K 1630 unterstützte System zur interaktiven Ermittlung von Bestrahlungsdosisverteilungen für den Einsatz in strahlentherapeutischen Kliniken. Es wird erstmals zur Leipziger Frühjahrsmesse 1982 ausgestellt. Auf der Grundlage von schnellen und genauen Dosisberechnungen kann die für den jeweiligen Krankheitsfall optimale Bestrahlungstechnik aus einer Vielzahl von Variationsmöglichkeiten ausgewählt werden. Die Programme berücksichtigen alle in der Praxis auftretenden Strahlenarten, Strahlenmengen und Strahlungstechniken
- das Geburtenüberwachungssystem mit robotron-Mikrorechentechnik zur Fetalüberwachung in Verbindung mit einem Fetalmonitor. Ein Bed-side-Computer analysiert und bewertet für jeweils ein Kreißsaalbett die Meßwerte Herzfrequenz und Wehendruck. Die berechneten Parameter werden zu beschreibenden Größen zusammengefaßt und grafisch dargestellt. Kritische Situationen werden erkannt, und mit einem kurz-, mittel- oder langfristigen Alarm (je nach Schweregrad) sind Gefahrenzustände des Feten und der Mutter rechtzeitig erkennbar.

*Mikrorechentechnik*

Aufbauend auf den Erfahrungen bei der Entwicklung und Produktion von Anlagen der elektronischen Rechentechnik stellt der VEB Kombinat Robotron auch zur LFM 82 weiterentwickelte, auf die Bedürfnisse der Anwender zugeschnittene Geräte und Systeme der Mikrorechentechnik zur Verfügung.
Die Mikrorechner robotron K 1510 und robotron K 1520 sowie die Mikrorechnersysteme robotron K 1620 und robotron K 1630 (Bild 2) sind leistungsfähige, durch modularen Aufbau und wirtschaftliche Anwendung überzeugende Entwicklungen. Sie können entsprechend den zu lösenden Aufgaben ausgewählt und zu Anwenderkonfigurationen für den Einbau in Geräte oder als eigenständige Mikrorechenanlagen zusammengestellt werden.
Robotron-Mikrorechner vom Typ K 1510 und K 1520 werden als OEM-Baugruppen für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten eingesetzt. Dazu gehören beispielsweise die Steuerung von

- Regalbediengeräten in der Lagerwirtschaft
- Gaschromatographen in der Chemie
- 50-MW-Kraftwerksblöcken und Induktionsschmelzöfen

Bild 1



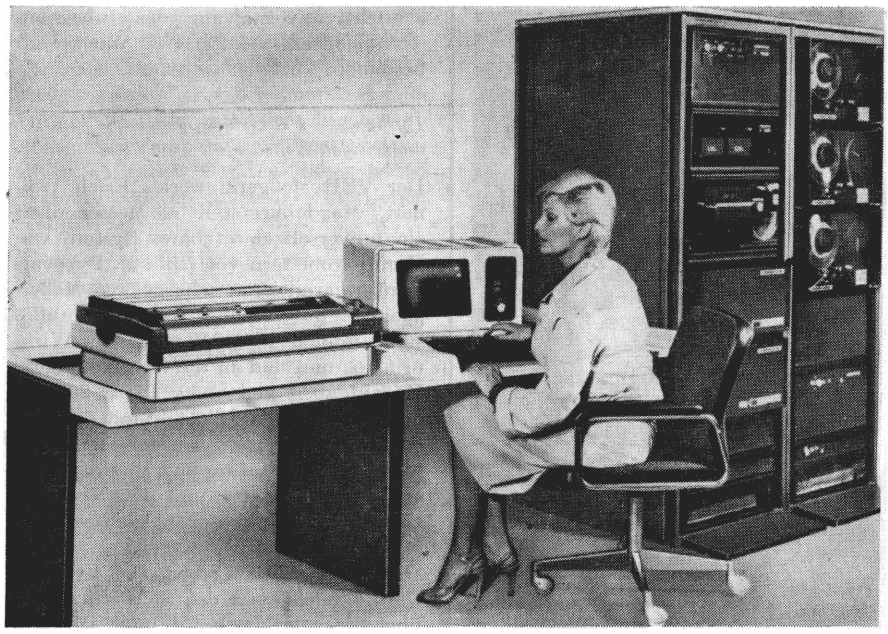


Bild 2

Bild 3

- numerischen Werkzeugmaschinen und Industrierobotern.

Weitere Einsatzgebiete sind u. a.:

- Bordrechner der Berliner S-Bahn
- automatische Messung von Skisprungweiten
- Flächenmessung von Materialdicken
- Wäge- und Dosiereinrichtungen für Baustoffe
- Fahrkartendrucker und Dialogautomaten bei der Deutschen Reichsbahn
- automatisches Überwachen von Tagebaugeräten.

Neben dem Mikrorechner robotron K 1520 sind die leistungsfähigen Mikrorechner K 1620 und robotron K 1630 als zentrale Recheneinheiten in den Geräten und Anlagen des Erzeugnisprogramms „Dezentrale Datentechnik" eingesetzt.

Robotron-Bürocomputer der Reihe A 5100, Basisrechner A 6401/A 6402 und Textsysteme sind vorwiegend für eine arbeitsplatzorientierte Datenverarbeitung konzipiert und zeichnen sich durch Programmierbarkeit in mehreren Ebenen, einfache Bedienung und sichere Datenübertragungsmöglichkeiten aus. Die einzelnen Geräte und Anwendungskomplexe sind modular aufgebaut, Speicher und Verarbeitungsvolumen können dem Aufgabenumfang angepaßt werden.

Zur LFM 82 werden die Geräte des Erzeugnisprogrammes „Dezentrale Datentechnik" außerdem mit dem EDV-System EC 1055 M zusammen zur Lösung anspruchsvoller und komplexer Aufgaben demonstriert. Dazu gehören Beispiele aus dem Bauwesen mit dem Bürocomputer A 5120, aus dem Handel mit dem Datensammelsystem A 5220 und aus dem Verkehrswesen mit dem Platzreservierungssystem K 8927 (Bild 3).

Auf dem Gebiet der elektronischen Meßtechnik gewinnt der Einsatz von Mikrorechnern zunehmend an Bedeutung. Die neue Generation von Flächenmassemeßanlagen des Systems 24024 (Bild 4) umfaßt die Systemkomponenten des industrieerprobten Systems FMM 24004 mit der neuentwickelten Zentrale mit dem Mikrorechner robotron K 1520.

Durch die Einführung der Mikroelektronik ergeben sich für den Anwender wesentliche technische und ökonomische Vorteile, wie

- höherer Bedienkomfort
- erweiterte Signalaufbereitung und Meßwertverarbeitung
- höhere Zuverlässigkeit.

Anwendungsgebiete für das System FMM 24024 sind die Dickenmessung in der Metallurgie und der Kunststoffindustrie, der Einsatz in Papier-, Holz-, Textilindustrie und anderen Industriezweigen.

Hervorzuhebende Eigenschaften des Systems sind:

- Walzen nach Minustoleranzen
- Speicherung von Produktionsprogrammen
- einfache Vorortkalibrierung als Grundlage für Erzielung maximaler Genauigkeit
- Kopplungsmöglichkeit zu übergeordneten Leitrechnern.

Das Spektrometer 20050 dient zur Messung verteilter kernphysikalischer Signale. Es können zeitliche und spektrale Funktionen gespeichert und angezeigt werden. Der interne Funktionsablauf und die Meßwertverarbeitung werden durch einen Mikrorechner robotron K 1520 gesteuert.

Systemeigenschaften:

- 6 Betriebsarten, zusätzlich 3 Testprogramme
- programmierte Parametereinstellung mit zusätzlicher Kontrolle auf richtige Eingabe
- automatische Ergebnisberechnung mit interner und externer Ausgabe
- Meß- und Speichermöglichkeit für Zeitverläufe und spektrale Meßgrößen
- mathematische Weiterverarbeitung gespeicherter Meßgrößen (Kurvenglättung, Peaksuche)
- Anschluß peripherer Geräte, wie Display, $X/Y$-Schreiber, Meßwertdrucker, Lochbandstanzer, Probenwechsler.

*Komplette Ausrüstungen*

In der Funktion als Generallieferant kompletter Ausbildungseinrichtungen, Meßlabors und Servicewerkstätten bietet der VEB Kombinat Robotron sämtliche Leistungen, die von der Beratung bis zur funktionsfähigen Übergabe reichen. Sie entsprechen den Forderungen nach pädagogisch-didaktischen Ausbildungsmethoden und werden gleichzeitig einem wirtschaftlichen Lehr- und Lernprozeß voll

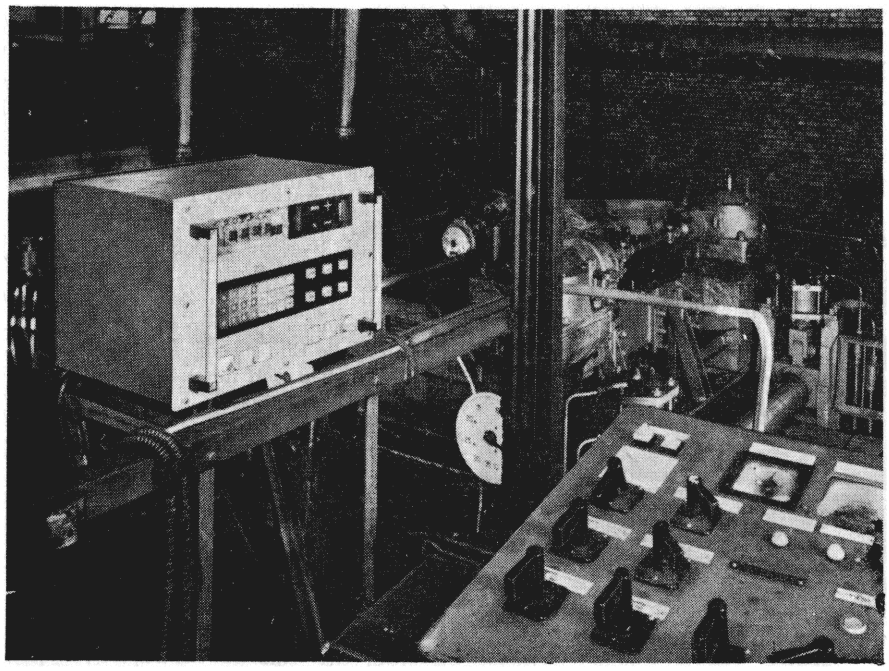


Bild 4

gerecht. Die Ausrüstungen werden objektbezogen projektiert, wofür ein umfangreiches Sortiment technischer Meß-, Prüf- und Versorgungsgeräte, spezielle Lehr- und Arbeitsmittel sowie Ausstattungseinrichtungen zur Verfügung stehen.
Der VEB Kombinat Robotron übernimmt als Generallieferant die Beratung, Projektierung, den Aufbau, die Ausstattung und die Ausbildung von Mitarbeitern für Leistungsobjekte wie

- komplette Ausbildungseinrichtungen für Hoch- und Fachschulingenieure sowie Facharbeiter der Elektrotechnik, Elektronik und elektronischen Datenverarbeitung
- komplette Prüf- und Kontrollzentren für Umweltschutz und Kommunalhygiene
- Meßlabors der Elektrotechnik, Elektronik, Schall- und Schwingungsmeßtechnik sowie der Kernstrahlungsmeßtechnik
- Servicewerkstätten der elektrischen und elektronischen Gerätetechnik (Bild 5), Medizintechnik sowie der Rundfunk- und Fernsehtechnik.

Dabei werden für die Projektierung und Ausführung derartiger Leistungsobjekte für Ausbildungseinrichtungen das Ausbildungsziel, die Vorbildung und die Anzahl der in einem bestimmten Zeitabschnitt Auszubildenden, für Meßlabors die Thematik, der Umfang und der Schwierigkeitsgrad der Forschungsaufgaben und für Serviceeinrichtungen der Wirkungsbereich, das Gerätesortiment und die geforderte Serviceleistung zugrunde gelegt.

**Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow**

Die Vereinigung von 24 Betrieben der Automatisierungstechnik im Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert" bietet gute Voraussetzungen, einheitliche, in ihren technischen Parametern und gestalterischen Lösungen aufeinander abgestimmte Erzeugnisstrukturen zu entwickeln. Das Kombinat ist dadurch in der Lage, neben technisch ausgereiften Erzeugnissortimenten anwenderspezifische Systemlösungen auf der Basis mikroelektronischer, elektromechanischer und pneumatischer Wirkprinzipien anzubieten.

*Speicherprogrammierbare Steuerungen ursalog 5020*

Zu den Spitzenerzeugnissen des Stammbetriebes, des VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert", gehören die speicherprogrammierbaren Steuerungseinrichtungen ursalog 5020. Sie dienen zur binären und digitalen Informationsverarbeitung bei mittlerer bis großer Anzahl von Eingangs- und Ausgangssignalen.
Die Benutzung von Komponenten aus dem Mikrorechnersystem K 1520 des VEB Kombinat Robotron und die Abstimmung auf die Systeme ursadat 5000 und ursalog 4000/5010 sichert eine weitgehende Kompatibilität zu diesen Systemen.
Das Einsatzgebiet von ursalog 5020 umfaßt die Steuerung verfahrenstechnischer Prozesse (Kraftwerke, Zementanlagen, Walzwerke, Chemieanlagen), nichtnumerische Maschinensteuerungen, Lager- und Transportsteuerungen.
Dem Anwender von ursalog 5020 bieten sich durch

- kurze Realisierungszeiten
- Kompatibilität zu den anderen Techniken der Prozeßsteuerung im System ursatron 5000
- problemorientierte Programmierbarkeit
- effektive Gestaltung der Inbetriebnahmeprozesse

besondere Vorteile.

*Pyrovar — Präzisionspyrometrie für vielseitigen Einsatz*

Der VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg stellt als Messeneuheit ein universell einsetzbares System von Handpyrometern vor (Bild 6). Pyrovar-Geräte garantieren sehr genaue Meßergebnisse durch hohe Temperaturauflösung infolge ihres Wechsellicht-Wirkprinzips und sind an die verschiedensten Meßaufgaben von −50 °C bis 2000 °C optimal anpaßbar. Sie sind mit digitaler oder analoger Anzeige der Meßwerte sowie mit Momentan- und Maximalwertspeicher ausgestattet und ohne Null- und Umgebungstemperaturabgleich vor der Messung sofort einsatzbereit.
Das weite Einsatzgebiet der Pyrovar-Geräte reicht von der Schwerindustrie über Energieverteilungs- und Übertragungsanlagen bis zur Diagnose in der Humanmedizin. Für die vielfältigen Meßaufgaben wird ein entsprechendes Zubehör angeboten.

*ursacord — Compact-Combination*

Eine problemlose und ökonomische Instrumentierung von Klein- und Aggre-

Bild 5

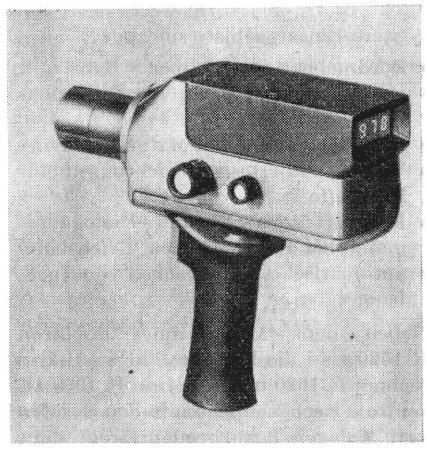


Bild 6

gateautomatisierungsvorhaben gestattet die neue Gerätegeneration ursacord-Compact-Combination (Bild 7) des VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg. Sie wurde unter dem besonderen Aspekt der Temperaturmeßtechnik konzipiert. Mit den Geräten dieses neuen Systems werden folgende Funktionen realisiert:

- messen — umformen — anzeigen — Grenzwertanalyse
- regeln — Hand-Automatik-Umschaltung — Hilfsenergieversorgung
- Leistungsausgang.

Die Funktionen werden Modulen zugeordnet. Die Module lassen sich zu Geräten kombinieren. Auf der Grundlage des bestehenden Systemkonzepts führt eine derartige Möglichkeit der freizügigen Zusammenstellung zu einer Vielzahl von Gerätevariationen.

*Kraftstoffmomentanverbrauchsanzeiger*

Einen wertvollen Beitrag zum weltweiten Energiesparprogramm leistet der VEB Meßgerätewerk Beierfeld durch die Neuentwicklung eines auf mikroelektronischer Basis arbeitenden Kraftstoffmomentanverbrauchsanzeigers. Damit wurde die Voraussetzung geschaffen, zielgerichtet subjektive Fahrweisen zu beeinflussen, dem Fahrer äußere Einflußfaktoren zu signalisieren und mit relativ geringem technischem Aufwand Kraftstoffeinsparungen von 10 bis 15% zu ermöglichen.
Ein direkt in der Kraftstoffleitung angeordneter Volumenstrommesser ermittelt den momentanen Kraftstoffverbrauch, der mit Hilfe einer 12stufigen farbigen LED-Anzeigeeinheit auswertbar gemacht wird. Eine automatische Helligkeitssteuerung sichert unabhängig von den Lichtverhältnissen eine gute Ablesbarkeit.

*DRELOBA-Robotersteuerung ROG-5*

Die pneumatische DRELOBA-Robotersteuerung ROG-5 ist eine Gemeinschaftsentwicklung des VEB Reglerwerk Dresden mit dem VEB KOSORA Dresden. Der Einsatz der Steuerung ist universell für punktgesteuerte Industrieroboter vorgesehen, beispielsweise für den Industrieroboter Typ 3P des VEB KOSORA.

Sie übernimmt die Koordinierung oder Steuerung externer Maschineneinrichtungen des technologischen Roboterarbeitsplatzes.
Die Steuerung ist in Modulen aufgebaut, die sich in die Funktionsbereiche Zentraleinheit, Programmgeber, Programmierfeld, Vergleicher und Antriebssteuerung gliedern. Sie verfügt über zwanzig Ausgänge für acht doppeltwirkende Stelleinrichtungen. Davon sind zwei mit Zwischenanschlägen ausgestattet. Hohe Zuverlässigkeit, geringe Störbeeinflussung, leichte Bedienung und Wartung zeichnen bei Steuerungen niederen und mittleren Verknüpfungsgrades das pneumatische System DRELOBA aus.

*Membranmesser ursaflux M*

Der Membranmesser ursaflux M (Bild 8) ist eine Weiterentwicklung des seit Jahren bewährten Membranmessers vom VEB Junkalor Dessau. Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip des Kraftvergleichs, wobei der Durchfluß mittelbar über dem an einem Wirkdruckgeber erzeugten Druckunterschied, dem Wirkdruck, gemessen und durch ein radizierendes Übertragungswerk angezeigt, fortlaufend registriert und gegebenenfalls integriert wird. Es hat vor allem den Vorteil der strömungsdynamischen Messung ohne die Verwendung beweglicher Teile in der Strömung und der Anwendung bis zu den größten betriebsmäßig auftretenden Durchflüssen von Dampf, Flüssigkeiten und Gasen bei den praktisch vorkommenden Temperaturen und Betriebsdrücken.
Das wichtigste Einsatzgebiet ist die Durchflußmessung in den Industriezweigen Wasserwirtschaft und Melioration, Kraftwerkstechnik, Wärmewirtschaft und chemische Industrie.

*Füllstandschalter LS 20*

Vom VEB Steremat „Hermann Schlimme" Berlin wird die Neuentwicklung des Baukastensystems Füllstandschalter LS 20 vorgestellt. Die Füllstandschalter dienen zur Überwachung, Steuerung und Regelung von Füllständen in Flüssigkeitsbehältern. Sie arbeiten nach dem Schwimmerprinzip mit stopfbuchsenloser magnetischer Meßwertübertragung. Das Baukastensystem bietet dem Projektanten erweiterte Anwendungsmöglichkeiten und gestattet eine optimale Anpassung der Geräte an den jeweiligen Einsatzfall. Damit ergeben sich für den Anwender ökonomisch günstigere Lösungen.
Alle Elemente des Systems LS 20 sind lösbar miteinander verbunden. Dadurch ist eine einfache Montage des Gerätes möglich und eine Änderung der Ausführung durch den Austausch einzelner Baugruppen leicht durchführbar. Die Kontaktgabe erfolgt wahlweise durch Wisch- oder Haftkontakte.
Durch das Baukastensystem LS 20 werden die bekannten Füllstandschalter LS 2 und LS 3 abgelöst.

*Neue Baureihe Nockenschalter*

Das zur Leipziger Frühjahrsmesse 1981 mit einer Goldmedaille ausgezeichnete Grundsortiment an Nockenschaltern des VEB Elektroschaltgeräte Rochlitz ist um die Typen der Nennströme 50 A und 63 A erweitert worden. Damit umfaßt die neue Gerätereihe die Baugrößen 2.1 (16 A), 3.2 (25 A), 4.2 (32 A), 5.2 (50 A) und 6.2 (63 A) in ihrer vollen Variantenbreite.

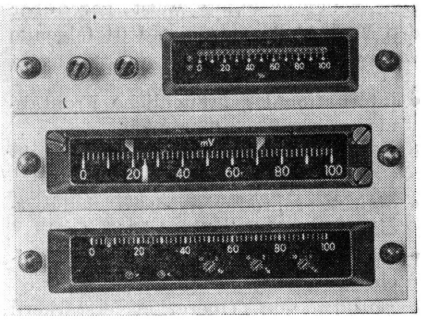


Bild 7

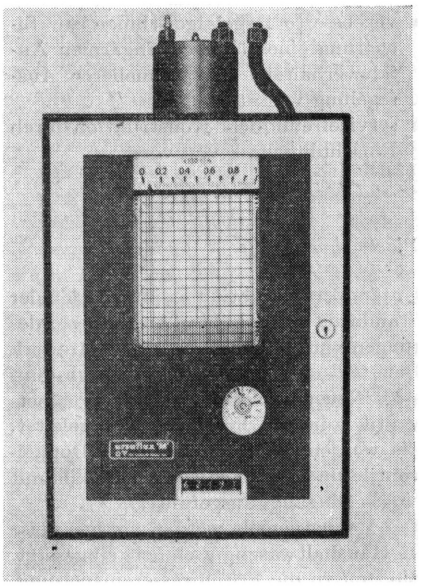


Bild 8

Außer der Verbesserung des Volumen-Leistungsverhältnisses durch Erhöhung der Nennströme und der Erhöhung der Nennspannung auf 660 V Ws zeichnet sich diese Neuentwicklung durch eine internationalen Ansprüchen gerechtwerdende Formgestaltung aus.

*Unstetige elektronische Regler RK 40, 41 und 42*

Vom Produzenten des in allen Industriezweigen bewährten elektronischen Reglersystems ursamar 4000, dem VEB Wetron Weida, wird eine neue Baureihe unstetiger Regler mit den Varianten RK 40, 41 und 42 produziert.
Die Geräte sind für die Regelung technischer Parameter in technologischen Prozessen bestimmt, insbesondere für die Temperaturregelung elektrisch beheizter Maschinen und Aggregate in der plast- und elastverarbeitenden Industrie. Weitere Einsatzfälle liegen im Bereich der Nahrungsgüterwirtschaft, der Glas- und Keramikindustrie und der Schweißtechnik.
Die Regler sind für den Anschluß an Widerstandsthermometer oder Thermoelemente ausgelegt und verfügen teilweise über einen zusätzlichen Gleichspannungseingang.

Die Neuentwicklung weist gegenüber den Vorläufertypen 60 und 01 folgende wesentliche Vorzüge auf:

- international gebräuchliche Frontabmessungen 96 × 96 mm²
- modularer Aufbau steckbarer Funktionsgruppen
- digitale reproduziersichere Sollwerteinstellung mit hoher Auflösung
- frontseitige Anzeige der Regelabweichung mit Leuchtdioden
- Einsatz von Operationsverstärkern und integrierten Widerstandsnetzwerken anstelle diskreter Technik
- Sicherheitsschaltung gegen Fühlerbruch bzw. Kurzschluß
- verbesserte Regelalgorithmen zur Sicherung eines überschwingarmen Anfahrverhaltens und schnellerer Ausregelung von Störungen
- servicefreundliche Konstruktion durch Einschubtechnik von vorn

*Plastmagnetventile*

Unter Berücksichtigung internationaler Standards und erhöhter Anwenderforderungen wurde vom VEB Meßgerätewerk Beierfeld eine materialökonomisch günstige Neuentwicklung von Plastmagnetventilen in die Fertigung übergeleitet. Sie werden als Einfachventile, Doppelventile und Dreifachventile, jeweils mit einem Eingang, ausgeführt.
Die Magnetventile werden vorzugsweise in Haushaltwaschmaschinen eingesetzt. Sie steuern die Frischwassereinspeisung. Die Ausgänge dienen zum Einbringen des Vor- und Hauptwaschmittels und des Weichspülers. Gegenwärtig wird ihr Einsatz in Geschirrspülautomaten vorbereitet. Bei wesentlich geringerem Materialeinsatz sind erhöhte Temperaturbereiche für Medium und Umgebung zulässig.

*Neue Typenreihe Magnetventile*

Ausdruck ständiger zielstrebiger Weiterentwicklung der Erzeugnisse zur Sicherung weltstandbestimmender Parameter ist die vom VEB Meßgerätewerk Beierfeld vorgestellte neue Typenreihe von Magnetventilen. Sie werden als direkt oder indirekt gesteuerte Magnetventile, als direktgesteuerte Magnetventile mit Entlüftung oder als Drosselventile ausgeführt.
Die Masse der neuentwickelten Typen wurde bei gleichbleibendem Gebrauchswert auf 55% gegenüber den bisherigen Typen reduziert. Gleichzeitig konnte die Leistungsaufnahme um 50% verringert werden. Eine weitere Erhöhung des Anwendernutzens wurde durch die gesteigerte Zuverlässigkeit und die Verdoppelung der Lebensdauer erreicht.
Das weit gespannte Anwendungsgebiet umfaßt den Schiff- und Schienenfahrzeugbau, die Kühlmöbelindustrie sowie die Automatenfertigung für das Hotel- und Gaststättengewerbe.

**VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau**

Den Erfordernissen der 80er Jahre Rechnung tragend, wurden zukunftsorientierte Systemlösungen für Automatisierungsprobleme entwickelt. Die Exponate, die zur LFM 82 gezeigt werden, sind das Ergebnis langjähriger Erfahrungen im Automatisierungsanlagenbau und zeichnen sich durch den Einsatz modernster Technik, besonders der Mikroelektronik, aus.
Der VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau zeigt seine Exponate unter dem Warenzeichen VEM in 6 Ausstellungskomplexen:

*Großverbundsystem am Beispiel einer Parex-Anlage*

Der VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, der als ein Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau langjährige Erfahrungen bei der Entwicklung und Produktion von Automatisierungsanlagen hat, demonstriert zur LFM 82 die Durchgängigkeit seines modernen modularen Automatisierungskonzepts an Beispielen der Klein-, Mittel- und Großautomatisierung verfahrenstechnischer Prozesse in Metallurgie, Stofftrenntechnik und Chemie. Die eingesetzte Mikrorechentechnik ermöglicht in Verbindung mit modernen Formen der Mensch-Anlage-Kommunikation auf der Basis von Farbdisplay-Technik die Befriedigung unterschiedlichster Anwenderbedürfnisse hinsichtlich Umfang, Leistungsspektrum und Kosten des Automatisierungsvorhabens.
Die Leistungsfähigkeit bei der Automatisierung großer industrieller Prozesse wird am Beispiel der Anwendung des Systems auf die Automatisierung des Teilobjekts Hydroraffination einer Parex-Anlage demonstriert. Die spezifischen Automatisierungsfunktionen — messen, steuern, regeln, überwachen — werden durch dezentral aufgestellte und relativ autonom arbeitende Basiseinheiten realisiert, die durch ein serielles Zwischenblockinterface mit den Bedienpulten der Wartenebene verbunden sind. Hauptform der Informationsdarbietung im Wartenbereich sind hierarchisch-serielle Bildsysteme quasigrafischer Farbdisplays. Die Prozeß- und Anlagenbedienung erfolgt über problemorientierte Tastaturen. Gegenüber konventionellen Automatisierungssystemen ergeben sich für den Anwender Vorteile, wie Energieeinsparung, Reduzierung des Wartenpersonals und Verbesserung von Anlagendiagnose und -wartung.

*Automatisierung von Industrieanlagen am Beispiel eines Walzwerksprozesses*

Der VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin nimmt als Stammbetrieb des Kombinats bei der Forschung, Entwicklung und Produktion elektrotechnischer Ausrüstungen und Automatisierunganlagen für Walz-, Zement- und Kraftwerke sowie Industrie- und Gesellschaftsbauten einen bedeutenden Platz ein.
Mit der Automatisierung eines Walzwerksprozesses werden modernste elektrotechnische und elektronische Ausrüstungen gezeigt, die als Typenvertreter einer neuen Anlagengeneration selbst höchsten Ansprüchen gerecht werden.
Die mit Mikroelektronik und bewährter Leistungselektronik ausgestatteten Exponate (u. a. eine in Funktion befindliche Informationszentrale mit Farbdisplay) veranschaulichen in komplexer Form die Steuerung und Überwachung kompliziertester technischer und technologischer Prozeßabläufe im industriellen Produktionsprozeß. Ein Typvertreter der Anlagenautomatisierung ist die Vor-Ort-Station, die vor allem in Walz- und Kabelwerken ihre Anwendung findet. Die Vor-Ort-Stationen bestehen grundsätzlich aus einem Schwenkrahmen mit Rechner und einem Rahmenaufbausystem-Rahmen mit dem gesamten Niederspannungsteil sowie einem oder mehreren Stromrichtergeräten. Die Schränke enthalten außer wenigen spezifischen technologieabhängigen Bedienelementen prinzipiell keine Bedienerfordernisse für den Anlagenfahrer. Durch ihre autonome Betriebsweise stellen solche Vor-Ort-Stationen hervorragend geeignete Automatisierungsanlagen für die dezentrale Betriebssteuerung einzelner Maschinenkomplexe, wie Bindemaschinen, Haspel- und Kabelanlagen dar.

In einem Schrank sind die speicherprogrammierte Informationsverarbeitung und der Leistungsteil untergebracht.
Der Informationsteil, der sich durch eine interne Stromversorgung auszeichnet, ist durchgängig mit mikroelektronischen Bauteilen ausgestattet.

Durch die Kopplungsmöglichkeit mit einer zentralen Datenbahn unter Anwendung der Lichtleitungstechnik sowie mit einem übergeordneten zentralen Leitstand erfolgt eine optimale Informationsverarbeitung und damit eine flexible Steuerung des gesamten Prozesses. Programmierbar realisiert der Rechner die Bereiche Steuerung, technologische Regelung sowie technologieabhängigen Datenverkehr. Fest programmiert arbeitet der Rechner die Aufgaben der Stromrichterüberwachung und Datenverkehrsorganisation ab. Die Stromrichteransteuerung (Strom- und Drehzahlregelung) wird durch das im Stromrichtergerät integrierte Regelungssystem TRANSRESCH-Si übernommen.
Durch den Einsatz dieser elektronisch ausgerüsteten Vor-Ort-Station, die dem internationalen Stand entspricht, ergeben sich für den Anwender eine Vielzahl von Vorteilen. So werden z. B. die Stillstandszeiten um 30% gesenkt, der Energieverbrauch wird um mehr als 50% reduziert und es ergibt sich eine um 50% höhere Zuverlässigkeit bei der Steuerung und Regelung der kompliziertesten Prozeßabläufe. Das Volumen dieser Anlage konnte gegenüber der herkömmlichen

Ausführung auf die Hälfte reduziert werden.

*Automatisierung von Kleinobjekten mit autonomen Automatisierungseinrichtungen (Zweirechnervariante)*

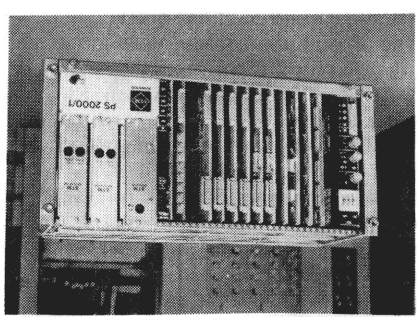
Die autonome Automatisierungseinrichtung aus dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow ermöglicht auch Betreibern kleinerer Objekte, moderne Automatisierungstechnik auf der Basis der Mikrorechentechnik einzusetzen. Diese Variante einer neuen Generation moderner Automatisierungseinrichtungen ordnet sich als Minimalkonfiguration des Systems PVM 5000 (das auf der vorjährigen Leipziger Frühjahrsmesse gezeigt wurde) in das Systemkonzept ein und ist damit auch erweiterungsfähig und aufrüstbar zu einem größeren Verbundsystem. Die beiden Funktionseinheiten, Basiseinheit und Pultsteuerrechner, realisieren arbeitsteilig die eigentlichen Prozeßautomatisierungs- und Kommunikationsfunktionen in Verbindung mit einem leistungsfähigen seriellen Informationsübertragungssystem.
Bei Einsatz dieser Automatisierungsanlage ergeben sich für den Anwender erhebliche Vorteile, wie Energieeinsparung, Arbeitskräfteeinsparung, Verbesserung der Prozeßführung und -bilanzierung sowie eine Verringerung des Wartungsaufwandes für die Anlage.

*Automatisierung eines technologischen Prozesses (Beispiel Siemens-Martin-Ofen) mit einer autonomen Einrichtung (Einrechnervariante)*

In diesem Ausstellungskomplex wird vom VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow eine autonome Automatisierungsanlage vorgestellt, die für Rekonstruktionsvorhaben kleineren Umfanges, Erweiterung bestehender Automatisierungsanlagen und Einsatz in Kombination mit konventioneller Automatisierungstechnik bestens geeignet ist. Diese besonders kostengünstige Variante des Systems neuartiger mikrorechentechnischer Automatisierungseinrichtungen ist für spezielle Kleinautomatisierungsaufgaben konzipiert und gestattet die Kombination konventioneller Kommunikationsprinzipien mit den Vorzügen der mikroelektronischen Realisierung. Bei der Anwendung zur optimalen Wärmeführung eines Siemens-Martin-Ofens bieten sich dem Nutzer entscheidende Vorteile:

- Senkung des Energieverbrauchs je Schmelze
- Steigerung der Jahresproduktion je Ofen
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen für das Ofenpersonal.

**Bild 9**



*Signal-, Fernmelde- und Starkstromanlagen zur Steuerung und Überwachung des schienengebundenen Verkehrs*

Der VEB Werk für Signal- und Sicherungstechnik Berlin bietet als Generallieferant ein komplexes Leistungsvolumen für Eisenbahnen an. Die Erzeugnisse und Leistungen dieses Betriebes des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau haben sich bei der Automatisierung von Eisenbahnstrecken, besonders in verschiedenen arabischen Ländern, bewährt.
Aus dem umfangreichen Programm an eisenbahnspezifischer Signal-, Fernmelde- und Starkstromtechnik zeigt der VEB WSSB zur LFM 82 leistungsfähige Anlagen, die speziell für die Anforderungen der Irakischen Staatsbahn entwickelt wurden. So werden u. a. wesentliche Baugruppen der Stellwerksbauform GS III 8020 und des Automatischen Streckenblocks AB 8020 ausgestellt. Mit diesen Anlagen wird gegenwärtig die neu entstehende 448 km lange Eisenbahnstrecke Bagdad—Akashat ausgerüstet.
Nachdem über die Stellwerksbauform GS III 8020 bereits in den vergangenen Jahren informiert wurde, soll hier auf die Streckenblockeinrichtungen, die der Sicherung der Zugfahrten auf der Strecke dienen, eingegangen werden. Der Automatische Streckenblock AB 8020 ist durch folgende Kriterien gekennzeichnet:

- der AB 8020 ist für Strecken mit Dieseltraktion bei Ein- und Zweirichtungsbetrieb vorgesehen
- die Strecke wird ohne Blocksignale in mehrere Isolierabschnitte von maximal 2 km Länge unterteilt
- zur Freimeldung der Strecke zwischen den Einfahrsignalen benachbarter Bahnhöfe werden elektronische kodierte Gleisstromkreise verwandt
- die Relaiseinrichtung gleicht konstruktiv der WSSB-Stellwerksbauform GS III 8020
- wie bei der Stellwerksbauform sind alle Funktionseinheiten des AB 8020 steckbar
- durch Unterbringung mehrerer Blockeinheiten in einheitlichen Schalthäusern entlang der Strecke ist eine teilweise Zentralisierung des Blocksystems möglich
- die Funktion kann ohne Einsatz zusätzlicher Verstärker auf Zugbeeinflussung erweitert werden
- als Gleisrelais werden Signalrelais N3 verwendet
- die Unterhaltung der Anlagen ist unkompliziert und erfordert nur geringe Kosten.

*Steuerungstechnik für Maschinen und Industrieroboter*

Neben der bereits bekannten und bewährten Industrieroboter-Steuerung

**Bild 10**

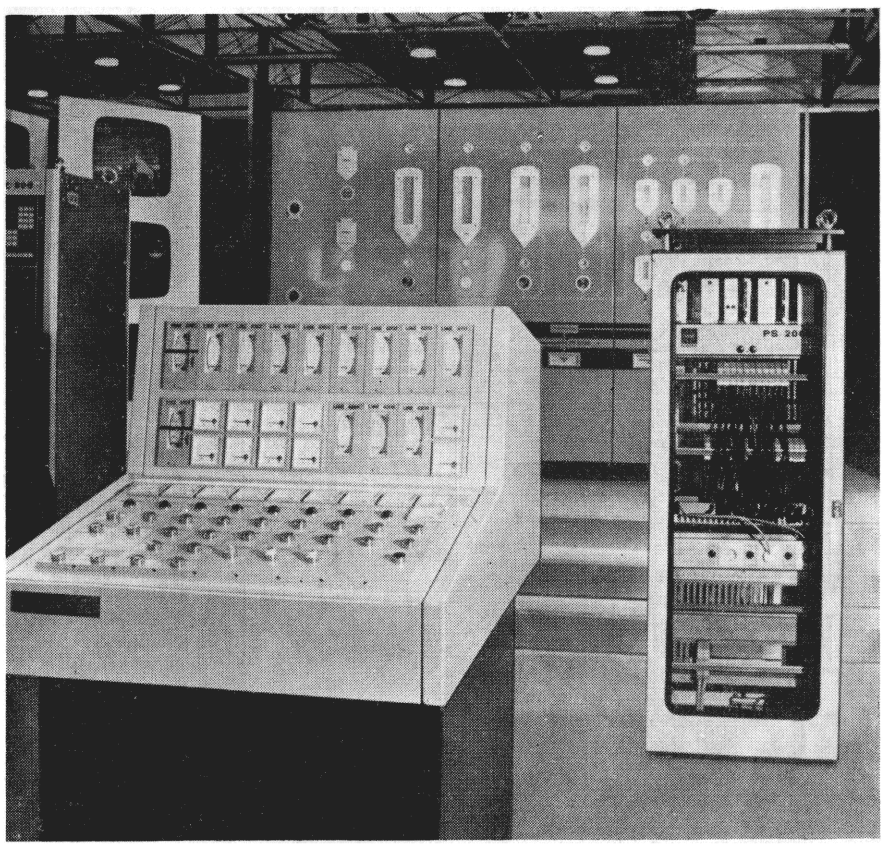


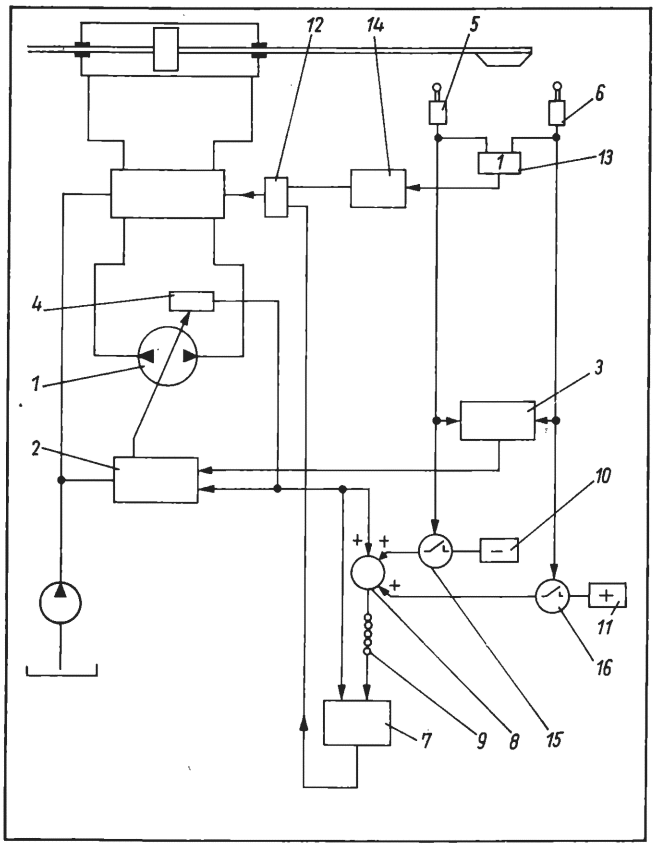
Bild 11

IRS 600 für Roboter der Kategorie II und der programmierbaren Prozeßsteuerung PS 2000/1 (Bilder 9 und 10) zeigt der VEB Numerik „Karl-Marx", ein auf Steuerungstechnik spezialisierter Betrieb des Kombinates, erstmalig die freiprogrammierbare Prozeßsteuerung PC 600 (Bild 11) zur Leipziger Frühjahrsmesse 1982. Diese Steuerung ist in der Lage, die traditionelle Relaistechnik abzulösen und dabei neuartige technische Lösungen ökonomisch zu realisieren. Die PC 600 ist in allen Industriezweigen zur Steuerung von kontinuierlichen Prozessen, von Anlagen und Maschinen einsetzbar. Neben der Verarbeitung binärer und analoger Prozeßsignale sind mit Arithmetikprogramm und der Reaktion auf schnelle Eingänge nach dem Interruptprinzip weitere Anwendungsmöglichkeiten für die PC 600 gegeben. Drei konstruktive Varianten ermöglichen eine kostengünstige Auswahl des Steuerungsumfanges anhand der benötigten Summe von Ein- und Ausgängen.

msr 7566

## msr PATENTREFERATE

### Schaltungsanordnung zur Kontrolle der Umsteuerphase geschwindigkeitsgesteuerter Reversierantriebe für Werkzeugmaschinen




*1* Antrieb;
*2* Verstelleinrichtung;
*3* elektronische Baugruppe;
*4* Geschwindigkeits-Analogwertgeber;
*5, 6* Betriebsschalter;
*7* Komparator;
*8* Summierglied;
*9* Verzögerungsglied;
*10, 11* Korrekturwertspeicher;
*12* UND-Glied;
*13* ODER-Glied;
*14* Einschaltverzögerung;
*15, 16* Torschaltungen

DDR-WP 140345, Klasse B 23 Q, Gruppe 11/00, 5 Anspruchspunkte, 2 Zeichnungen. Anmeldung: 18. Juli 1977. Ausgabe: 27. Februar 1980, Inhaber: *W. Patzsch*

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Kontrolle der Umsteuerphase geschwindigkeitsgesteuerter Reversierantriebe für Werkzeugmaschinen mit einem Antrieb *1*, dessen Verstelleinrichtung *2* von einer elektrischen Führungsfunktion für den Geschwindigkeitsverlauf mittels einer elektronischen Baugruppe *3* gesteuert und mit einem Geschwindigkeits-Analogwertgeber *4* gekoppelt ist, wobei die Umsteuerphase von Betriebsschaltern *5*, *6* eingeleitet wird und die Kontrolle mit Hilfe eines Komparators *7* erfolgt, von welchem eine Bremsschaltung unter fixierten Voraussetzungen ansteuerbar ist.

Die Erfindung besteht darin, daß der Ausgang des Geschwindigkeits-Analogwertgebers *4* zu einem ersten Eingang eines Fensterkomparators *7* geführt und parallel dazu über ein Summierglied *8* und ein Verzögerungsglied *9* an einen zweiten Eingang des Fensterkomparators *7* angeschlossen ist, wobei an einen zweiten Eingang des Summiergliedes *8* ein negativer Korrekturwertspeicher *10* aufrufbar angelegt ist und an einem

dritten Eingang des Summiergliedes *8* ein positiver Korrekturwertspeicher *11* aufrufbar anliegt und der Ausgang des Fensterkomparators *7* auf einen Eingang eines UND-Gliedes *12* geschaltet ist, an dessen zweiten Eingang die Ausgänge der Betriebsschalter *5*, *6* über ein ODER-Glied *13* und eine Einschaltverzögerung *14* geführt sind.

Ein Vorteil ist dabei, daß zum Aufruf des negativen Korrekturwertspeichers *10* der Ausgang des Betriebsschalters *5* zur Umsteuerung vom positiven zum negativen Geschwindigkeitsverlauf an den Steuereingang einer Torschaltung *15* in der Signalstrecke der negativen Korrektur angelegt ist und zum Aufruf des positiven Korrekturwertspeichers *11* der Ausgang des Betriebsschalters *6* zur Umsteuerung vom negativen zum positiven Geschwindigkeitsverlauf an dem Steuereingang einer Torschaltung *16* in der Signalstrecke der positiven Korrektur anliegt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß das Verzögerungsglied *9* durch eine elektronische Laufzeitkette realisiert ist.

Von Vorteil ist in anderer Weise, daß das Verzögerungsglied *9* aus einem Analogwertspeicher und einem Impulsgeber gebildet ist, dessen Ausgang auf den Lösch-Speicher-Eingang des Analogwertspeichers und parallel dazu auf den Steuereingang einer dem Analogwertspeicher nachgeschalteten Torschaltung geführt ist.

Von Vorzug ist dabei, daß das Verzögerungsglied *9* und die Einschaltverzögerung *14* die gleiche Verzögerungszeit haben. Durch die Erfindung wird eine über den Anfangsbereich der Umsteuerphase hinaus wirksame Kontrolle gewährleistet.

msr 7499

## Digitaler Sollwertgeber zur mehrfachen Kombination von Regelkreisen

DDR-WP 139982, Klasse G 05 B, Gruppe 1/01, 1 Anspruch, 2 Zeichnungen. Anmeldung: 20. April 1977. Ausgabe: 6. Februar 1980, Inhaber: *E. Schlegel*

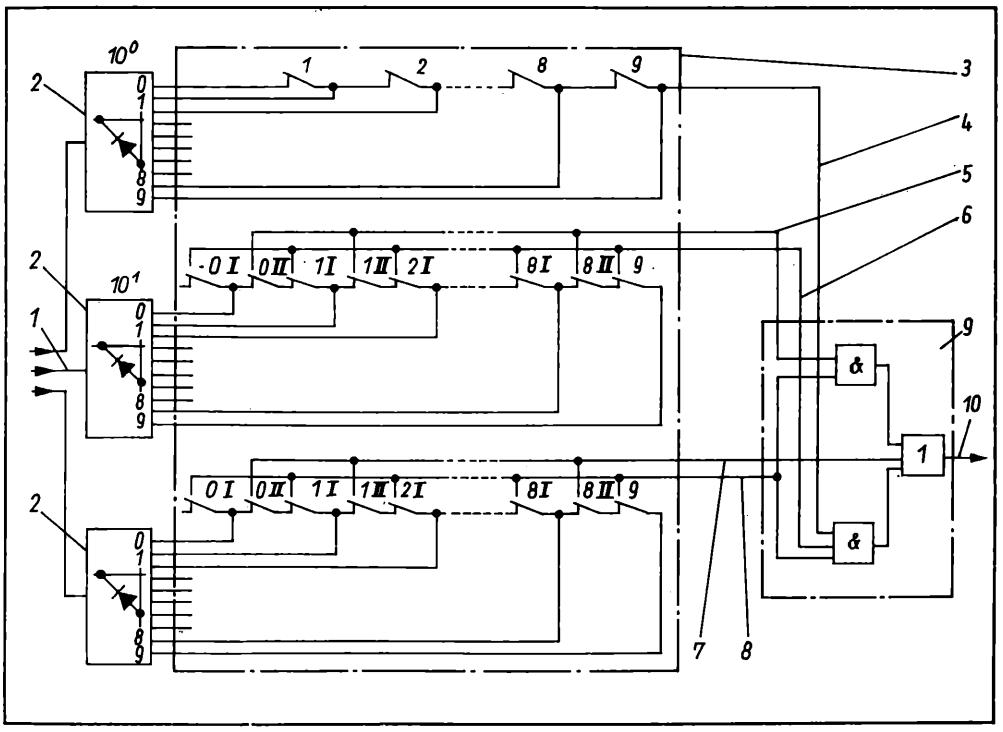
Die Erfindung betrifft einen digitalen Sollwertgeber zur mehrfachen Kombination von Regelkreisen, bei denen der Istwert als elektrischer Meßwert darstellbar ist und das Stellglied direkt oder indirekt elektrisch angesteuert werden kann. Das Bild zeigt eine Variante für einen dreistelligen Meßwert, der dem Sollwertgebereingang *1* im Digitalkode zugeführt wird. Nach der Umsetzung in den Decodiermatritzen *2* in den Eins- aus-zehn-Kode folgt eine Sollwertvorwahleinheit *3* zur manuellen Eingabe des Sollwertes, deren Schalterausgänge *4*, *5*, *6*, *7* und *8* durch eine Verknüpfungsschaltung *9*, die am Ausgang *10* den Steuerbefehl auslöst, zusammengefaßt werden. Außer bei der niedrigsten Dekade sind die Schalter in der Sollwertvorwahleinheit *3* mit je zwei Umschaltkontakten bestückt, woraus die Schalterausgänge *5* und *7* resultieren, die bei Überschreiten des vorgewählten Sollwertes durch den Istwert wirksam werden, so daß die nachfolgenden niedrigen Dekaden das Ausgangssignal nicht mehr beeinflussen. In der gezeigten Anordnung wird am Ausgang *10* ein Signal bei Erreichen und Überschreiten des Sollwertes abgegeben. Durch Umkehren der Kontaktanordnung und -belegung der Sollwertvorwahleinheiten *3* erscheint das Ausgangssignal bei Erreichen und Unterschreiten des Sollwertes und nach Wegfall der Schalterausgänge *5* und *7* nur bei Erreichen des Sollwertes.

In der Patentschrift sind weiterhin die Kombinationsmöglichkeiten durch Parallelschalten der Vorwahleinheiten *3* beziehungsweise der dekodierten Eingangssignale von mehreren Meßstellen dargestellt.

Außerdem ist eine Schaltung für die Ableitung mehrerer Ausgangssignale von einem Istwert bei verschiedener Größe desselben gezeigt.

Durch die charakterstischen Merkmale der Digitaltechnik ergeben sich als wesentliche Vorteile der Erfindung die minimale Schalthysterese, die nur eine Einheit der niedrigsten Dekade des Meßbereiches beträgt, und die exakte Reproduzierbarkeit der Sollwerte. Diese Vorteile resultieren aus der Tatsache, daß der Sollwert auf eine Einheit der niedrigsten Dekade des Meßbereiches genau vorgewählt wird und die Signalauslösung mit der gleichen Genauigkeit erfolgt. Anzahl und Abstufung der gleichzeitig zu einem Istwert vorwählbaren Sollwerte sind nur durch den Auflösungsgrad des dem Sollwertgeber vorgeschalteten Digitalmeßgerätes oder Analog-Digital-Umsetzers begrenzt.

msr 7497




*1* Sollwertgebereingang;
*2* Dekodiermatrizen;
*3* Sollwertvorwahleinheit;
*4*, *5*, *6*, *7*, *8* Schalterausgänge;
*9* Verknüpfungsschaltung;
*10* Ausgang

**Grundlagen der Beschallungstechnik.** Von *W. Ahnert* und *W. Reichardt*. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 271 Seiten, 123 Bilder, 6 Tafeln, 35,— Mark. Bestell-Nr. 552829 8

Mit dem Fachbuch „Grundlagen der Beschallungstechnik" wird einem dringenden Bedürfnis entsprochen, denn die zu Fragen der Beschallung vorhandene Literatur ist sehr lückenhaft und zum großen Teil veraltet. Andererseits sind Beschallungsanlagen zum Bestandteil jedes Neubaues und fast jeder Rekonstruktion eines Zuschauersaales geworden.
Wegen der heute erreichbaren Perfektion von Sprach- und Musikwiedergaben und wegen der Verfügbarkeit moderner technischer Zusatzsysteme, wie Verhallungseinrichtungen, Verzögerungsgeräte, Stereofonie- und Ambiofonieanlagen erweitert sich ihr Einsatzgebiet ständig, doch können Fehler und damit Enttäuschungen beim Einsatz elektroakustischer Anlagen nur vermieden werden, wenn sie mit Sachkenntnis ausgewählt, entworfen und aufgebaut werden. Dazu vermittelt das Buch das nötige Wissen.
Die grundlegenden Aspekte der Beschallungstechnik werden in aller Breite behandelt. Das Buch beginnt mit einer Darlegung der Eigenschaften und des Wirkungsmechanismus des Gehörs zur Wahrnehmung von Tonhöhe, Lautstärke Klangfarbe, Zeitverhalten und zur Ortung.
Die subjektiven und objektiven Kriterien für gute Hörverhältnisse werden mit der gebotenen Ausführlichkeit erläutert. Fragen der akustischen Rückkopplung, die ja die Beschallungstechnik maßgeblich beeinflussen, und Verfahren zu ihrer Unterdrückung sowie die Eigenschaften von Lautsprechern und Mikrofonen werden als Schwerpunkte behandelt.
Der Einsatz elektroakustischer Beschallungsanlagen im Freien und in Innenräumen wird getrennt erläutert. Im letztgenannten Fall wird besonders auf die Beeinflussung der raumakustischen Parameter durch die elektroakustischen Anlagen eingegangen. Ausführlich werden Einsatzmöglichkeiten und -grenzen von Verhallungsanlagen, Verzögerungseinrichtungen, Stereofonie- und Ambiofoniesystemen beschrieben, und schließlich wird gezeigt, wo die von der raumakustischen Projektierung her bekannte Modellmeßtechnik auch beim Entwurf von Beschallungsanlagen mit Erfolg eingesetzt werden kann.
Schwerpunkt der Darlegungen sind die wissenschaftlichen Grundlagen der Beschallungstechnik. Dazu gehört auch die mathematische Formulierung der Zusammenhänge, wobei es zu begrüßen ist, daß einige längere mathematische Ableitungen in einem Anhang zusammengefaßt werden.
Auf eine ausführliche Beschreibung der eigentlichen technischen Anlagen wird im Hinblick auf ihre Schnellebigkeit verzichtet, doch wird am Beispiel der modernen Beschallungsanlagen im Palast der Republik in Berlin die praktische Anwendung erläutert.
Das Fachbuch „Grundlagen der Beschallungstechnik" ist gut gegliedert und systematisch aufgebaut. Es ist sowohl als Lehrbuch für Hoch- und Fachschulen als auch als Nachschlagewerk für den Praktiker zu empfehlen und stellt eine sehr wertvolle Bereicherung des bisher noch sehr begrenzten Angebotes an Fachliteratur auf diesem Teilgebiet der technischen Akustik dar.

B 1528 *W. Fasold*

**Konvexe Analyse und Extremwertaufgaben.** Von *B. N. Pšeničnyj* (in Russ.). Moskau: Nauka 1980. 320 Seiten.

Das vorliegende Buch wurde geschrieben auf der Grundlage einer langjährigen Vorlesungstätigkeit an der Kiewer Universität für Studenten der Fachrichtung Kybernetik. Untersucht wird eine große Klasse von Extremwertaufgaben, auf die Problemstellungen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen führen und für die sich in den letzten Jahren eine Theorie der konvexen Optimierung herausgebildet hat.
Die ersten Kapitel enthalten eine allgemeine Theorie der konvexen Optimierung. Zwar ist diese Theorie inzwischen hinreichend bekannt, durch die Darlegungen auf der Grundlage der Theorie mehrdeutiger Abbildungen ergibt sich jedoch die Möglichkeit einer straffen und vereinheitlichten Beweisführung und Abhandlung. Weiterer Untersuchungsgegenstand sind die notwendigen Extremwertbedingungen. In diesem Abschnitt erfolgt eine Verallgemeinerung der gegenwärtig in der Literatur anzutreffenden Ergebnisse. Die Theorie der konvexen Optimierung findet im abschließenden Kapitel bei der Lösung von Aufgaben der optimalen Steuerung Anwendung. Dabei wird es durch Verallgemeinerung dieser Aufgabe möglich, viele in der Literatur betrachtete Aufgaben der optimalen Steuerung mit einer einheitlichen Lösungsmethode zu erfassen. Vorausgesetzt werden beim Leser gute Kenntnisse der linearen Algebra und der Analysis.

B 1480 *J.-A. Müller*

**Prognosemethoden und Prognosesysteme.** Von *V. G. Lapa* (in Russ.). Kiew: Višča škola 1980. 184 Seiten, 6 Tafeln, 56 Bilder.

Die vorliegende Monographie ist der Theorie, Methodologie und den Verfahren der Prognose gewidmet. Umfang und Vollständigkeit der Information über das Objekt, seine Kenngrößen sowie über den Zustand und die Veränderung der Umwelt bestimmen unterschiedliche Herangehensweisen an die Prognose und deren Realisierung in Prognosesystemen. Der Autor unterscheidet deterministische, stochastische und adaptive Herangehensweisen.
Entsprechend der Klassifikation der Prognoseverfahren und ihrer technischen Realisierung behandelt der Autor im Rahmen der deterministischen Verfahren Methoden zur Interpolation und Extrapolation auf der Grundlage von orthogonalen Funktionen. Im Zusammenhang mit den stochastischen Verfahren wird insbesondere die Filtertheorie dargelegt und ihre Anwendung für stationäre und instationäre stochastische Prozesse untersucht. Den größten Umfang nehmen adaptive Verfahren ein, wobei insbesondere die Adaptionsalgorithmen, die in den entsprechenden Prognosesystemen Anwendung finden, dargelegt werden.
Abschließend beschreibt der Autor verschiedene technische Realisierungen stochastischer und adaptiver Prognosesysteme für konkrete Aufgaben (Vorhersage von Parameteränderungen in industriellen Anlagen, medizinische Anwendungen, Vorhersage von Belastungsgrößen z. B. von Energiesystemen, Anwendungen in technologischen Prozessen u. a.). Dabei erlangen die Effektivität und Güte der verwendeten Algorithmen besondere Bedeutung.

B 1481 *J. Peters*

**Die geschichtliche Entwicklung des wissenschaftlichen Gerätebaus und seine zukünftige Bedeutung.** Von *P. Görlich*. Berlin: Akademie-Verlag 1981. 36 Seiten, 6,— Mark.

Dieses Heft ist in der Reihe „Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften" erschienen. Dargestellt wird darin die Bedeutung des Wissenschaftlichen Gerätebaus (WGB). Als Mittler zwischen Naturwissenschaft und technischer Praxis und aufgrund wechselseitiger Abhängigkeit von Forschung und industrieller Produktion muß der WGB perspektivisch orientiert sein. Ein geschichtlicher Abschnitt berichtet über die Entwicklung des WGB vom 16. Jahrhundert (*Kepler, Galilei* u. a.) über

die „Kopernikanische Wende" — verknüpft mit einer ersten wissenschaftlich geführten Gerätetechnik (Mikroskope, Fernrohre usw.) — bis zur Gegenwart der heutigen Elektronik, Lasertechnik, Kernphysik u. v. a. Weitere Abschnitte enthalten Beiträge zur Definition des Begriffes „Wissenschaftlicher Gerätebau", zum Messen als Grundlage des WGB, zur Zuverlässigkeit aus der Sicht des WGB, Biokybernetik und Bionik als Hilfsmittel für technische Weiterentwicklung, Abschätzung der für den WGB notwendigen Forschungsgebiete, Feingerätetechnik und Feinwerktechnik als Teilgebiete des WGB. Gegenwärtig beinhalten die Feingeräte- und Feinwerktechnik die Präzisionstechnik, die u. a. in der heutigen Massenproduktion von Uhren, elektronischen, fotografischen Geräten usw. eine Rolle spielt. Beide Teilgebiete werden begrifflich mit dem Terminus WGB verschmelzen, der außer seiner Meßmittelfunktion immer mehr Produktionsmittelfunktionen übernehmen muß. Behandelt werden anschließend Verknüpfungstendenzen des WGB mit Steuer-, Regelungstechnik und Datenverarbeitung, Prozeßarten (kontinuierliche, diskontinuierliche Prozesse), technische Produktionsvorbereitung, Bedeutung prognostischer Arbeit. Trotz ihrer knappen Form ist die gesamte Abhandlung prägnant und sehr informativ. Die Nennung sehr vieler Fakten und Persönlichkeiten sowie ein aussagekräftiges Literaturverzeichnis bieten dem Leser einen raschen Einblick in das Gebiet des WGB mit beliebigen Vertiefungsmöglichkeiten.

B 1517 *H. Rohr*

**Trends and Progress in System Identification.** Von *P. Eykhoff* (Editor). IFAC-Series for Graduates, Research Workers and Practising Engineers. Vol. 1. Oxford/New York/Toronto/Sydney/Paris/Frankfurt/M.: Pergamon Press 1981. 402 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln.

Gemeinsam mit dem Herausgeber, Prof. *P. Eykhoff*, vermitteln die namhaftesten Experten auf dem Gebiet der Systemidentifikation einen umfassenden Eindruck von dem außerordentlich raschen Tempo, mit dem sich dieser Zweig der Kybernetikwissenschaft in den letzten 15 bis 20 Jahren zu einem heute unentbehrlichen Instrumentarium für die Lösung vieler komplizierter Aufgabenstellungen in Technik, Ökonomie, Verkehr, Medizin usw. entwickelt hat. Einleitend erläutert *P. Eykhoff* Wesen, Inhalt, Ziel und Bedeutung der Systemidentifikation, stellt die Autoren des Buches vor und gibt einen Überblick über die Gliederung des Buches und über wesentliche Literatur zur Systemidentifikation. Im ersten Kapitel setzt sich *J. Richalet* mit der Modellmethode auseinander. Anhand von vier Beispielen aus gänzlich unterschiedlichen Gebieten (Biologie, Mechanik, Luftfahrt und industrieller Prozeß (Energieerzeuger)) wird die Modellbildung in ihren Zielen, praktischen Anwendungen und auftretenden Schwierigkeiten beleuchtet. Interessant dabei ist, daß die Modellbildung nicht ausschließlich auf ihren mathematischen Apparat reduziert wird, sondern die Rolle von Intuition und individueller Herangehensweise betont wird. Auch das zweite Kapitel, Autor ist hier *A. Vaněček*, beschäftigt sich mit den Modellen, ihren Beschreibungsmöglichkeiten, Anwendungen und Erweiterungen. Die Darstellung beeindruckt durch optische Übersichtlichkeit und Klarheit. Die Kapitel 3 bis 8 sind den eigentlichen Identifikationsmethoden gewidmet. Zunächst demonstrieren *Y. Sawaragi*, *T. Soeda* und *T. Nakamizo* die „klassischen" Beschreibungsmethoden, wie Frequenzgänge, BODE-Diagramme, Übertragungsfunktionen und die darauf aufbauenden Analysemethoden. Dem folgen Korrelationsverfahren, Identifikationsmethoden im Zustandsraum, stochastische Identifikationsmethoden und schließlich die Darstellung der Schätzung von Zeitreihen und deren enge Bindung an das Identifikationsproblem. *V. Streje* erläutert das „Kleinste-Quadrate"-Konzept und die Regressionsmethoden bis hin zur Kalman-Bucy-Filterung und zu weiterführenden Verfahren, z. B. der Instrumental-Variablen-Methode. Bestechend ist hier die darstellerische Klarheit und die vergleichenden Testrechnungen. *K. J. Aström* ergänzt die Identifikationsproblematik durch ein betontes Hinwenden zu den Maximum-Likelihood-Verfahren und den Methoden der Fehlervorhersage unter besonderer Berücksichtigung von praktischen Aspekten. Im sechsten Kapitel beschäftigt sich *H. Akaide* mit der modernen Entwicklung der statistischen Methoden der Struktur- und Parameterermittlung. Über vergleichende Rechnungen findet er zu einer vereinheitlichten Prozedur für dieses Problem. Dem schließt sich eine Erweiterung auf nichtlineare und Minimax-Näherungen durch *N. S. Rajbman* an, wobei die stückweise Approximation erläutert wird und die Minimax-Identifikation unter Verwendung verschiedener Kriterien zur Darstellung gelangt. Schließlich behandelt *V. Peterka* die Bayessche Schätzproblematik für die Systemidentifikation, wobei er auf dem Unschärfe-Konzept aufbaut. Das bedeutungsvolle und in der Literatur bisher recht sträflich behandelte Problem der Wahl der Eingangssignale bespricht *R. K. Mehra* unter dem Aspekt der Planung von Experimenten. Die Aussagen werden durch zahlreiche Simulationsbeispiele unterstützt. Schließlich fügen *I. Gustavsson*, *L. Ljung* und *T. Söderström* das Kapitel 10 „Auswahl und Wirkung verschiedener Rückführstrukturen" bei, ein schon deshalb bedeutsames Thema, weil im industriellen wie im biologischen Bereich häufig eine separate Identifikation gegebener Prozesse gar nicht möglich ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das Buch einen nahezu vollständigen Überblick über das Gebiet der Systemidentifikation vermittelt. Zweifellos wäre ein vergleichbares deutschsprachiges Werk außerordentlich wünschenswert und nützlich.

B 1552 *D. Werner*

**Grundlagen der Numerischen Mathematik I.** Von *R. Reimer*. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft 1980. 210 Seiten.

Das vorliegende Buch entstand aus Vorlesungen für Studenten der Mathematik. Dadurch werden Darstellung und Inhalt geprägt. Schwerpunkte sind die theoretischen Grundlagen der Numerik, die Herleitung und Untersuchung der benötigten Hilfsmittel sowie die mathematische Analyse der angegebenen numerischen Methoden. Außer in dem Kapitel über Eigenwerte sind keine Zahlenbeispiele enthalten! Nach einer kurzen Betrachtung über Zahlendarstellung und Rundungsarithmetik werden zunächst metrische Räume (vorwiegend Banach-Räume) und der Banachsche Fixpunktsatz vorgestellt. Es folgen allgemeine Untersuchungen zu Iterationsverfahren (Konvergenzgrad, gestörte Iteration) sowie zu linearen Differenzengleichungen mit konstanten Koeffizienten. Mit dieser Methodik werden dann folgende Problemkreise behandelt (in Klammern die angegebenen Methoden):

- Polynomauswertung und -entwicklung (Verfahren von Horner, Clenshaw, Shaw-Traub)
- Nullstellenberechnung von Funktionen (Regula Falsi, Newton-Verfahren, Aitken-Verbesserung, Bairstow-Verfahren)
- Lineare Gleichungssysteme (spezielle und allgemeine Relaxationsverfahren, Gaußsche Elimination, Cholesky-Verfahren)
- Nichtlineare Gleichungssysteme (Newton-Verfahren)
- Eigenwerte von Matrizen (Berechnung des charakteristischen Polynoms nach Krylow, direkte und inverse Iteration nach v. Mises bzw. Wieland, Rayleigh-Quotient, Gerschgorin-Kreise)
- Interpolation und Approximation (durch Polynome und trigonometrische Funktionen, Hermite- und Birkhoff-Interpolation, Gregory-Newton-Schema; Tschebyscheff-Approximation)
- Quadratur (Trapez- und Simpson-Regel; Formeln von Newton-Cots, Gauß, McLaurin; Romberg-Verfahren)
- Ausgleichsrechnung (Normalgleichungen, Methode der orthogonalen Projektion)

Zu den Methoden werden stets Untersuchungen zur Kondition und zur numerischen Stabilität durchgeführt sowie der benötigte rechentechnische Aufwand bei sequentieller und paralleler Verarbeitung ermittelt.

Das Buch kann all denjenigen Lesern empfohlen werden, die einen Einblick in die angesprochenen Problemkreise und in Aufbau und Arbeitsweise wichtiger numerischer Prinzipien suchen.

B 1475 *J. Uhlig*

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Diese Bücher können über den Volksbuchhandel bezogen werden.

[1] Metod funkcij Ljapunova v dinamike nelinejnych sistem (Ljapunovsche Funktion in der Dynamik nichtlinearer Systeme). Nauka, 4. Quart. 1982. CK-No. 1–1982 (II) (12).

[2] Metody optimizacii i ich priloženija (Optimierungsverfahren und ihre Anwendung). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–1982 (II) (13).

[3] *Fedotov, A. M.:* Linejnye nekorrektnye zadači so slučajnymi ošibkami v dannych (Lineare nicht korrekte Aufgabe mit zufälligem Fehler in den Daten). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (20).

[4] Abstraktnaja i strukturnaja teorija relejnych ustrojstv (Abstrakte und strukturelle Theorie der Relaiseinrichtungen). Nauka. 1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (843).

[5] Adaptacija i obučenie v sistemach upravlenija i prinjatija rešenij (Adaption und Lernen in Steuerungssystemen und bei der Entscheidungsfindung). Nauka. 2. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (844).

[6] Algorithmy, matematičeskoe obespečenie i architektura mnogoprocessornych vyčislitel'nych sistem (Algorithmen, Software und Architektur von Mehrprozessor-Rechnersystemen). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (846).

[7] *Aleksandrov, V. V.; Bulkin, G. A.; Poljakov A. L.:* Avtomatizirovannaja obrabotka informacii na jazyke predikatov (Automatisierte Informationsverarbeitung in der Sprache der Prädikate). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (847).

[8] *Aleksandrov, V. V.; Gorskij, N. D.:* Algoritmy i programmy strukturnogo metoda obrabotki dannych (Algorithmen und Programme der strukturellen Datenverarbeitung). Nauka. 2. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (848).

[9] *Apokin, I. A.:* Kibernetika i naučno-techničeskij progress (Kybernetik und wissenschaftlich-technischer Fortschritt). Nauka. 2. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (849).

[10] *Vittich, V. A.; Sergeev, V. V.; Sojfer, V. V.:* Obrabotka izobraženij v avtomatizirovannych sistemach naučnych issledovanij (Verarbeitung von Darstellungen in automatisierten Systemen der wissenschaftlichen Forschung). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (852).

[11] Vyčislitel'nye sistemy i metody v avtomatizacii issledovanij i upravlenija (Rechentechnische Systeme und Methoden der Automatisierung der Untersuchung und Steuerung). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (853).

[12] *Gubinskij, A. I.:* Nadežnost' i kačestvo funkcionirovanija ergotičeskich sistem (Zuverlässigkeit und Qualität des Funktionierens ergodischer Systeme). Nauka. 2. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (855).

[13] Dispersionnyj analiz i sintez planov na EVM (Dispersionsanalyse und Synthese von Plänen auf der EDV). Nauka. 1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (856).

[14] *Djukalov, A. N.:* Nekotorye zadači prikladnoj matematičeskoj ekonomiki (Einige Aufgaben der angewandten mathematischen Ökonomie). Nauka, 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (857).

[15] Issledovanie dinamičeskich sistem na EVM (Untersuchung dynamischer Systeme auf der EDV). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (861).

[16] Issledovanija po teorii mnogosvjaznych sistem (Untersuchung zur Theorie der vermaschten Systeme). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (862).

[17] *Kafarov, V. V.; Dorochov, I. N.; Lipatov, L. N.:* Sistemnyj analiz processov chimičeskoj technologii. Statističeskie metody identifikacii ob'ektov chimičeskoj technologii (Systemanalyse von Prozessen der chemischen Technologie. Statistische Methoden der Identifikation von Objekten der chemischen Technologie). Nauka .1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (863).

[18] *Marigodov, V. K.:* Pomechoustojčivaja obrabotka informacii (Störstabile Informationsübertragung). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (865).

[19] Metody issledovanija nelinejnych sistem upravlenja (Untersuchungsmethoden für nichtlineare Steuerungssysteme). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (867).

[20] Mikroprocessornye sistemy upravlenij v robototechnike (Mikroprozessorsysteme in der Steuerung der Robotertechnik). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (868).

[21] Mikroprocessory v energetike (Mikroprozessoren in der Energetik). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (869).

[22] Modeli informacionnych setej i kommutacionnych sistem (Modelle von Informationsnetzen und Kommunikationssystemen). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (871).

[23] Modeli sistem raspredelenija informacii i ich analiz (Modelle von Systemen der Informationsverteilung und ihre Analyse). Nauka. 2. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (872).

[24] *Orlov, V. A.:* Graf-schemy algoritmov raspoznavanija (Graphentheoretische Schemata der Algorithmen der Erkennung). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (873).

[25] Processy i ustrojstva upravlenija v setjach svjazi (Prozesse und Anlagen der Steuerung in Nachrichtennetzen). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (876).

[26] *Rezer, S. M.:* Upravlenie transportnymi predprijatijami (Steuerung von Transportbetrieben). Nauka. 1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (878).

[27] *Sarkisjan, S. A.; Achundov, V. M.; Minaev, E. S.:* Analiz i prognoz razvitija bol'šich techničeskich sistem. Celevye kompleksnye programmy (Analyse und Prognose der Entwicklung großer technischer Systeme. Komplexe Zielprogramme). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (879).

[28] *Sokolov, E. N.; Smelev, L. A.:* Nejrobionika. Organizacija nejropodobnych elementov i sistem (Neurobionik. Organisation neuronenartiger Elemente und Systeme). Nauka. 3. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (880).

[29] Teorija diskretnych upravljajuščich ustrojstv (Theorie diskreter Steueranlagen). Nauka. 1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (882).

[30] *Cvirkun, A. D.:* Osnovy sinteza struktury složnych sistem (Grundlagen der Synthese der Struktur komplizierter Systeme). Nauka. 1. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (883).

[31] *Jastrebov, V. S.; Filatov, A. M.:* Sistemy upravlenija podvodnych apparatov-robotov (Steuerungssysteme für Unterwassergeräte-Roboter). Nauka. 4. Quart. 1982. CK-No. 1–82 (II) (884).

[32] *Ekaterinoslavskij, Ju. Ju.:* Organizacija processov upravlenija proizvodstvom (Organisation der Prozesse zur Steuerung der Produktion). Ekonomika. 1. Quart. 1982. NK-No. 27–81 (40).

[33] *Satanovskij, R. L.:* Analiz planirovanie organizacionnogo urovnja proizvodstva (Analyse und Planung des Organisationsniveaus der Produktion). Ekonomika. 3. Quart. 1982 NK-No. 27–81 (45).

msr 7540

### Elektronisches Theodolitensystem

Hewlett-Packard entwickelte das Koordinaten-Bestimmungs-System HP 3822 A. Es handelt sich dabei um eine elektronische Meßmethode zur präzisen, berührungslosen Vermessung der verschiedensten Gegenstände, insbesondere auch großer Objekte im industriellen Bereich. Für Distanzen bis zu 15 m liegt die Wiederholgenauigkeit bei 1:100000, darüber liegt sie etwas niedriger. Es handelt sich um ein mobiles Meßgerät, das lediglich die Ausrichtung von zwei Theodoliten mit elektronischer Datenausgabe auf einen Meßpunkt erfordert. Der Computer des Systems übernimmt automatisch die gemessenen Winkel und druckt die Ergebnisse zusammen mit Statusinformationen über das System aus.

(ADN-BWT (18) 1475, 5c)

### Stecker für Glasfaserleiter

Die Schweizer Fa. Diamant AG mit Sitz in Losone (Kanton Tessin) hat das schwierige Problem einer Steckverbindung zwischen Glasfaserleitern zufriedenstellend gelöst. Die Steckverbinder, die mit einer Genauigkeit von $< 1\,\mu m$ aufeinanderpassen müssen, werden aus Keramik oder superhartem Metall unter Einsatz von Diamantwerkzeugen gefertigt.

(ADN-BWT (18) 1469, 2c)

### Mikrorechnereinsatz bei Antibiotika-Produktion

Die Reaktionsprozesse bei der Herstellung von Antibiotika im VEB Jenapharm werden in einer kleintechnischen Versuchsanlage von einem Mikrorechner überwacht. Alle 2 min erfaßt er die zehn wichtigsten Daten, die den Lebensprozeß der Mikroorganismen, aus deren Stoffwechselprodukten Heilmittel, wie Penizillin und Streptomycin, gewonnen werden, beeinflussen. Die gleichmäßige Meßwerterfassung und -auswertung ermöglicht es, schneller auf Veränderungen im biologischen Reaktor zu reagieren und den Wachstumsprozeß der Mikroben optimal zu gestalten.

(ADN-BWT (18) 1466, 6a)

### 1000 Meßstellen in 4 Minuten

Der VEB Ostharzelektro Harzgerode entwickelte eine Temperaturmeß- und Registrieranlage, die in der Lage ist, in 4 min 1000 Meßstellen abzufragen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Das mobile Tischgerät kann Temperaturen in landwirtschaftlichen Anlagen (Silos, Gewächshäusern, Stallkomplexen), Kaufhallen und Wohnungen überwachen. Die Meßwerte werden digital angezeigt und ausgedruckt. Das Gerät wird kostengünstig gefertigt und ist mit Meßleitungen versehen, die gegen äußere Störeinflüsse gut abgeschirmt sind.

(ADN-BWT (18) 1466, 7a)

### Automatisches Farberkennungsgerät

In den fertigungstechnischen Labors der Siemens AG wurde zur automatischen Teilerkennung mit Hilfe „intelligenter" Sensoren ein Tasterkennungsgerät mit einem Sortierautomaten kombiniert, womit sich eine außerordentlich hohe Erkennungsgenauigkeit erreichen lassen soll. Die zu erkennenden Teile werden beim Vorbeilaufen am Tastsensor mit zwei Lampen aus einer genau definierten Position beleuchtet. Das an der farbigen Oberfläche der Teile reflektierte Licht wird durch die Farbteilerspiegel des Abtastkopfes in die drei Farben rot, grün und blau aufgeteilt. Optoelektronische Bauelemente wandeln diese drei Teillichtstrahlen in elektrische Signale um. Die so erhaltenen Meßwerte werden nun zum eigentlichen Erkennen der Farbe in digitalisierter Form einem kleinen Auswerterechner zugeleitet. Aus den charakteristischen Werten von Farbton, Sättigung und Helligkeit bildet der Rechner eine Kennzahl, die eindeutig dem Farbwert des Prüflings entspricht. Die Daten der erkannten Farbe laufen dann zur Steuerung im Sortierautomaten, der die Teile in die entsprechenden Magazine leitet.

(ADN-BWT (18) 1465, 3c)

### Mikrorechner überwacht Hirndruck

Zur Überwachung des Hirndrucks bei neurochirurgischen Patienten ist an der Medizinischen Akademie Dresden ein Mikrorechnersystem, bestehend aus dem Mikrorechner MPS 4944 des ZfK Rossendorf, aus peripheren Geräten des Kombinats Robotron und aus umgerüsteten Biomonitoren des VEB Kombinat Meßgerätewerk Zwönitz, im Einsatz. Vorteile sind die kontinuierliche schnelle Meßwerterfassung, die statistische Auswertung, die leicht überschaubare Darstellung der Ergebnisse und die einfache Bedienung.

(ADN-BWT (18) 1464, 2a)

### Neuartige Computer-Schreibmaschine

Kaum größer als eine normale Schreibmaschine ist das sog. Basis-Textsystem 5.504, eine spezielle Computer-Schreibmaschine der Fa. Siemens. Sie entstand durch Kombination eines Computers für Textverarbeitung und eines Typenraddruckers. Das sehr flach gebaute Gerät hat eine normale Schreibmaschinentastatur und Funktionstasten, über die die Zeichenabstände, die gewünschten Bandbreiten der Texte, die Schriftstücke sowie Unterstreichungen und Hervorhebungen, wie Fettdruck, gewählt werden können. Schaltbar ist auch ein Dezimaltabulator. Der in die Schreibmaschine eingeschriebene Text erscheint zunächst als Zeile auf einem kleinen Sichtschirm und kann dann korrigiert und verändert werden, bevor er auf Tastendruck zeilenweise auf den eingespannten Papierbogen ausgeschrieben wird. Dazu dient eine auswechselbare Typenradkassette. Sie bringt den jeweils gespeicherten und korrigierten Text mit 15 Zeichen/s auf Papier. Der Arbeitsspeicher speichert Texte bis zu 4000 Zeichen und dient auch zur Abspeicherung wiederkehrender Textteile oder Werte sowie wählbarer Anweisungen, um Formulare auszufüllen.

(ADN-BWT (18) 1454)

### Elektronischer Notizblock

Die Siemens AG entwickelte einen „elektronischen Notizblock", der nur 1 kg schwer ist und dessen Aufzeichnung später direkt von einem Rechner übernommen werden kann. Dieses mobile Datenerfassungsgerät eignet sich überall dort, wo keine unmittelbare Verbindung zu einem Rechner besteht. Das Gerät ist batteriebetrieben und in der Lage, Daten zu ordnen und zu sortieren. Es läßt sich beispielsweise für die Bestandsaufnahme im Lager, für Bestellungen im Außendienst oder beim Ablesen von Verbrauchszählern verwenden, und später können die Daten dann direkt oder auch telefonisch einem Rechner zur Auswertung übermittelt werden.

(ADN-BWT (18) 1458)

# KURZFASSUNGEN

*Woschni, E.-G.; Woschni, H.-G.:* IA 1.1.

**Vergleich der verschiedenen Definitionen des Faltungsintegrals und Schwierigkeiten bei deren Anwendung**

msr **25** (1982) H. 3, S. 122–126

Ausgehend von Definitionen aus der Literatur für das Faltungsintegral wird eine Wertung unter Berücksichtigung der bei Nichtbeachtung bzw. Beachtung der Distribution auftretenden Fehler gegeben. Es wird eine Beziehung gewonnen, die sich von der physikalischen Anschauung her direkt interpretieren läßt und mit der ohne Berücksichtigung der Distribution gerechnet werden kann.

*Baldeweg, F.; Fiedler, U.:* IA 1.1.8.

**Dialog-orientierte Analyse von Ereignisgraphen — ein Verfahren zur Diagnose komplexer technologischer Anlagen**

msr **25** (1982) H. 3, S. 126–128

Es wird ein Verfahren zur Analyse von Ereignisgraphen vorgestellt, das Elemente eines heuristischen Durchsuchens enthält und für die Diagnose gestörter Zustände komplexer technologischer Anlagen vorgesehen ist. Es wird betont, daß für die Weiterentwicklung des Verfahrens Methoden der künstlichen Intelligenz (Problemlösen, heuristische Suche, automatisches Beweisen u. a.) integriert werden sollten.

*Stoitschev, L.; Heß, K.:* IA 4.0.5.

**Beitrag zur Softwareerarbeitung für industrielle Steuerungen**

msr **25** (1982) H. 3, S. 129–132

Dem ständig steigenden Kostenanteil der Software bei der Entwicklung industrieller Steuersysteme ist mit geeigneten Programmiersprachen und Projektierungsmethoden zu begegnen. Dabei fordern der gegenwärtige Trend der Softwaretechnologie und eine Analyse der systemtheoretischen Gegebenheiten den Übergang zu höheren Programmiersprachen. Unter diesem Aspekt werden ein Sprachkonzept und zugehörige Basiselemente sowie damit verbundene Auswirkungen vorgestellt.

*Schröder, H.; Geyler, S.†:* IA 1.1.9; 5.6.2.

**Zur Steuerung einer umfangreichen und verketteten Maschinenbelegung**

msr **25** (1982) H. 3, S. 132–135

Verkettete Maschinenbelegungen für die Fertigung eines breiten Sortiments von Einzelteilen auf einer großen Anzahl von Maschinen bei eng begrenzten Fertigungsterminverschiebungen, langfristig festen Werten von Losfrequenzen, Losgrößen, Sicherheitsbeständen und Transportlosgrößen sind rationell nur mittels heuristischer deterministischer Belegungsverfahren zu lösen.
Im vorliegenden Beitrag wird für Probleme dieser Klasse ein Eröffnungsverfahren vorgestellt, das die Maschinenbelegungen einschließlich der unvermeidlichen (annähernd minimierten) Belegungsüberschneidungen liefert.

*Cunow, F.:* IA 6.5.

**Zur Überarbeitung der MSR-Symbole**

msr **25** (1982) H. 3, S. 140–142

Es wird von der Überarbeitung der TGL 14091: Symbole der MSR-Technik berichtet. Das Blatt 1 enthält jetzt international und im RGW abgestimmte Symbole, mit denen die Darstellung von MSR-Stellen in technologischen Schemata erfolgt. Die TGL wurde in das ESKD überführt. Im Blatt 2 wurden aufgrund von Festlegungen in anderen Standards Änderungen erforderlich, die in einem Änderungsblatt zur bestehenden TGL enthalten sind. Die Aktivitäten von ISO/IEC auf dem Gebiet der MSR-Symbole für die Gerätetechnik werden beschrieben. Für den RGW werden die MSR-Symbole für die Gerätetechnik auf der Grundlage internationaler Empfehlungen abgestimmt.

*Schwadtke, D.:* IA 4.1.5; 5.5.0.

**Problemstellungen für die Organisation der Automatisierungsmittelinstandhaltung in Kraftwerken**

msr **25** (1982) H. 3, S. 146–150

Die Automatisierungsmittelinstandhaltung (AMI) als eine Form der Grundfondsreproduktion beinhaltet die Gesamtheit der technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Überwachung, Pflege, Überprüfung und Instandsetzung der Automatisierungstechnik, um negative Beeinflussungen der zuverlässigkeitsrelevanten Gebrauchseigenschaften zu vermindern bzw. herabzusetzen. Die Problemdarstellung der Organisation der AMI zeigt die Notwendigkeit einer wissenschaftlich-technischen Bearbeitung dieses Komplexes.

*Grün, M.:* IA 4.1.4.

**Neuer Zugang zur Quantifizierung des Mengenverhaltens und der Zuverlässigkeit spezieller betrieblicher Prozesse**

msr **25** (1982) H. 3, S. 150–156

Viele Prozesse unserer Volkswirtschaft werden nach ihrer Leistungsfähigkeit bewertet, in einem vorgegebenen Zeitraum eine bestimmte Anzahl von Teilen im System unter geringen Aufwendungen und minimalen zusätzlichen Steuerungsmaßnahmen qualitätsgerecht zu behandeln. Werden diskrete Verweilzeiten in den Systemelementen vorausgesetzt, so gelingt es, den stochastischen Teilefluß einer bestimmten Klasse von Prozessen zu beherrschen. Basierend auf der Kenntnis der Verteilung des Mengenverhaltens wird eine Bewertung der Zuverlässigkeit des Teileausstoßes im vorgegebenen Zeitraum mit einer neuen Zuverlässigkeitskennfunktion ermöglicht.

# РЕЗЮМЕ

*Woschni, E.-G.; Woschni, H.-G.:* ИА 1.1.

**Сравнение разных определений интеграла свёртки и трудности при их применении**

msr **25** (1982) № 3, стр. 122–126

Исходя из определений в литературе для интеграла свёртки дана оценка с учетом погрешностей, полученных при несоблюдении или соблюдении распределения. Получено соотношение, интерпретация которого возможна непосредственным образом с точки зрения физического представления и вычисление которого возможно с учетом распределения и без него.

*Baldeweg, F.; Fiedler, U.:* ИА 1.1.8.

**Диалого-ориентированный анализ графов событий — способ диагноза комплексных технологических установок**

msr **25** (1982) № 3, стр. 126–128

Представлен способ анализа графов событий, включающий элементы эвристического поиска и предусмотренный для диагноза возмущенных состояний комплексных технологических установок. Подчеркнуто, чтобы для совершенствования способа должны быть интегрированы методы искусственного интеллекта (проблемные решения, эвристический поиск, автоматическое доказательство и др.).

*Stoitschev, L.; Heß, K.:* ИА 4.0.5.

**Вклад в разработку математического обеспечения промышленных управлений**

msr **25** (1982) № 3, стр. 129–132

Постоянно повышающейся доле в расходах математического обеспечения при разработке промышленных управляющих систем необходимо противостоять пригодные языки программирования и методы проектирования. При этом настоящая тенденция технологии математического обеспечения и анализ системнотеоретических данностей требуют перехода к более высоким языкам программирования. Под этим аспектом представлены план языка с принадлежащими базисными элементами и последствия, связанные с этим.

*Schröder, H.; Geyler, S.†:* ИА 1.1.9.; 5.6.2.

**Об управлении широкой и взаимосвязанной загрузкой машины**

msr **25** (1982) № 3, стр. 132–135

Взаимосвязанные загрузки машин для изготовления широкого ассортимента отдельных деталей на большом количестве машин при очень ограниченных изменениях сроков изготовления, долгосрочно зафиксированных данных повторяемости партий, величин партий, предохранительных запасов, величин транспортных партий рационально решаются только при помощи эвристических детерминических способов загрузки.
В данной статье для проблем этого класса представлен вступительный способ, включающий загрузки машин включительно неизбежимого (приблизительно минимизированного) перкртия загрузки.

*Cunow, F.:* ИА 6.5.

**О доработке символов в области измерения, управления и регулирования**

msr **25** (1982) № 3, стр. 140–142

Доложено о доработке стандарта ТГЛ 14091 по символам в области техники измерения, управления и регулирования. Лист I указывает символы, согласованные в международном масштабе и в рамках СЭВ, при помощи которых производится изображение точек измерения, управления и регулирования в технологических схемах. Указанный ТГЛ переведен в Единую систему конструкторской документации. На листе 2 в связи с установлениями в других стандартах требуются изменения, приведенные в перечне изменений к существующему ТГЛ. Описаны мероприятия, проведенные ИСО/МЭК в области символов техники измерения, управления и регулирования для приборной техники. Для СЭВ символы измерения, управления и регулирования для приборной техники будут согласовываться на основе международных рекомендаций.

*Schwadtke, D.:* ИА. 4.1.5.; 5.5.0

**Постановки проблем для организации технического обелуживания средств автоматизации на электростанциях**

msr **25** (1982) № 3, стр. 146–150

Техническое обслуживание средств автоматизации как форма репродукции основных фондов включает совокупность технических и организационных мероприятий по контролю, уходу, проверке и восстановлению техники автоматизации с целью уменьшения или сокращения отрицательных воздействий релевентных для надежности потребительных свойств.
Представление проблем организации технического обслуживания средств автоматизации показывает необходимость научно-технической обработки указанного комплекса.

*Grün, M.:* ИА 4.1.4.

**Новый доступ к квантифицированию количественных свойств и надежности специальных промышленых процессов**

msr **25** (1982) № 3, стр. 150–156

Немалые процессы в нашем народном хозяйстве оценивают по их производительности рассматривать в заданном периоде времени определенное количество деталей в системе с малыми затратами и минимальными дополнительными мероприятиями управления с соответствующим качеством. В случае предположения дискретных времен хранения в системных элементах, то удастся владеть стохастическим потоком деталей определенного класса процессов. На основе знания распределения количественных свойств возможна оценка надежности выпуска деталей в заданном периоде времени с новой характеристической функцией надежности.

# SUMMARIES

*Woschni, E.-G.; Woschni, H.-G.:* IA 1.1.

**Comparison of Different Definitions of the Convolution Integral and Difficulties with their Application**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 122—126

Starting from the convolution integral definitions known from literature the authors estimate the errors arising with distribution considering and not considering, respectively. A relation is obtained which may be interpreted directly by physical perception and used without taking into consideration the distribution.

*Baldeweg, F.; Fiedler, U.:* IA 1.1.8.

**Dialog-oriented Analysis of Event Graphs — A Method for the Diagnosis of Complex Technological Plants**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 126—128

For the analysis of event graphs the author presents a method which contains the elements of a heuristic searching and is to be used for the diagnosis of the disturbed states of complex technological plants. It is pointed out that in the further development of the procedure methods of artificial intelligence (problem solving, heuristic searching, automatic proving) should be integrated.

*Stoitschev, L.; Heß, K.:* IA 4.0.5.

**Contribution to the Software Development for Industrial Controls**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 129—132

The software costs continuously arising in the development of industrial control systems require the use of suited programming languages and design methods. With this, the present trend of software technology and an analysis of the system-theoretic situation stimulate the application of higher programming languages. Under this point of view, the authors present a language conception and the corresponding basic elements as well as the consequences connected with this.

*Schröder, H.; Geyler, S.†:* IA 1.1.9.; 5.6.2.

**On the Control of an Extensive and Interchained Machine Engagement**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 132—135

Interchained machine engagements for the fabrication of a wide assortment of single pieces on a great number of machines with narrowly limited fabrication term shiftings, long-taded fixed values of lot frequencies, lot sizes, safety stocks and transport lot sizes may be solved in a rational way only by heuristic deterministic engagement methods. In this contribution for problems of this class the authors present a starting method providing the machine engagements as well as the unavoidable approximately minimized engagement overlappings.

*Cunow, F.:* IA 6.5.

**On the Revision of the Automation Symbols**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 140—142

The author reports on the revision of the standard TGL 14091 containing the symbols of automation. Part 1 now contains symbols agreed internationally and between the socialist countries for the representation of automation points in technological schemes. The TGL was transferred to ESKD. Due to definitions in other standards changements in part 2 became necessary which are contained in a changement sheet. The activities of ISO/IEC in the field of automation symbols for the apparatus engineering are described. In the socialist countries these symbols are agreed on the base of international recommendations.

*Schwadtke, D.:* IA 4.1.5.; 5.5.0.

**Problems for the Organization of the Automation Means Maintenance in Power Stations**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 146—150

The automation means maintenance as a form of the basic funds reproduction contains the totality of the technical and organizational measures for supervision, care, test and maintenance of the automation devices in order to reduce negative influences upon the usage characteristics important for reliability. The problems of maintenance organization show the necessity of a scientific technical treatment.

*Grün, M.:* IA 4.1.4.

**A New Approach to the Quantification of the Quantity Behavior and the Reliability of Special Operative Processes**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 150—156

Many processes in economy are estimated accordingly to their performance to treat a certain number of pieces in a qualitative way by small expense and minimal additional control measures within a given duration. Supposing discrete dead time in the system elements one succeeds in overcoming the stochastic piece flow of a certain process class. On the base of the knowledge of the quantity behavior distribution an estimation of the reliability of the piece output in a given time using a new reliability measure becomes possible.

# RÉSUMÉS

*Woschni, E.-G.; Woschni, H.-G.:* IA 1.1.

**Une comparaison des différentes définitions de l'intégrale de convolution et des difficultés près leur emploi**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 122—126

A partir de définitions de l'intégrale de convolution connues dans la littérature, les auteurs estiment les erreurs apparaissant près la considération ou la non-considération de la distribution. On obtient une relation qui peut être interprétée directement par la vue physique et employée sans considérer la distribution.

*Baldeweg, F.; Fiedler, U.:* IA 1.1.8

**L'analyse orientée sur dialogue de graphe d'événement — une méthode pour le diagnostic d'installations technologiques complexes**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 126—128

Pour l'analyse de graphes d'événement, l'auteur présente une méthode qui contient des éléments d'une recherche heuristique et sera employée pour le diagnostic des états perturbés d'installations technologiques complexes. Il est souligné que, pour le développement ultérieur du procédé, il faut intégrer des méthodes de l'intelligence artificielle (la solution de problème, la recherche heuristique, la preuve automatique).

*Stoitschev, L.; Heß, K.:* IA 4.0.5.

**Une contribution pour le développement de logiciel pour des commandes industrielles**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 129—132

Les dépens de logiciel toujours augmentant dans le développement de systèmes de commande industriels exigent l'emploi de propres langages de programmation et méthodes de projet. Avec cela, la tendance actuelle de la technologie de software et une analyse de la situation système-théorique conduisent à l'application de langages de programmation plus hauts. Sous ce point de vue, les auteurs présentent une conception de langage et de correspondants éléments de base ainsi que des conséquences liées avec cela.

*Schröder, H.; Geyler, S.†:* IA 1.1.9.; 5.6.2.

**Sur la commande d'une large occupation de machines enchaînée**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 132—135

Pour la fabrication d'un grand assortiment de pièces détachées sur un grand nombre de machines près d'ajournements de fabrication étroitement limités, valeurs fixes à long terme de fréquences de lot, grandeurs de lot, stocks de sécurité et grandeurs de lot de transport, les occupations de machines enchaînées ne peuvent être résolues que par des méthodes d'occupation heuristiques déterministiques. Dans cette contribution pour des problèmes de cette classe, les auteurs présentent une méthode d'ouverture qui fournit les occupations de machines ainsi que les inévitables surcharges d'occupation minimalisées approximativement.

*Cunow, F.:* IA 6.5

**Sur le remaniement des symboles d'automation**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 140—142

L'auteur rapporte sur le remaniement du standard TGL 14091 contenant les symboles d'automation. La partie 1 maintenant contient des symboles accordés internationalement et entre les pays socialistes pour la représentation des postes d'automation dans des schémas technologiques. Le TGL était transféré dans ESKD. Par suite de définitions dans d'autres standards, dans la partie 2 des changements étaient nécessaires qui sont contenus dans une feuille de changements. Les activités d'ISO/IEC sur le champ des symboles d'automation pour la technique d'appareil sont décrites. Dans les pays socialistes, ces symboles sont accordés sr la base de recommandations internationales.

*Schwadtke, D.:* IA 4.1.5.; 5.5.0.

**Des problèmes pour l'organisation de l'entretien des moyens d'automation dans des centrales électriques**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 146—150

L'entretien des moyens d'automation comme une forme de la reproduction de fonds de base contient la totalité des mesures techniques et organisatrices pour a surveillance, la maintenance, l'épreuve et l'entretien de la technique d'automation pour réduire des influences négatives sur les caractéristiques d'usage qui sont importantes pour la fiabilité. Les problèmes de l'organisation d'entretien montrent la nécessité d'un traitement scientifique technique.

*Grün, M.:* IA 4.1.4.

**Une nouvelle approche pour la quantification du comportement de quantité et de la fiabilité de processus opérationnels spéciaux**

msr 25 (1982) No. 3, pp. 150—156

Beaucoup de processus dans l'économie sont estimés selon leur performance de traiter d'une manière qualitative un certain nombre de pièces dans le système par moindre dépense et minimales mesures additionnelles de commande dans un temps donné. En supposant des temps morts discrets dans les éléments de système, on peut maîtriser le flux de pièces stochastique d'une certaine classe de processus. Sur la base de la connaissance de la distribution du comportement de quantité, une estimation de la fiabilité de la sortie de pièces dans un temps donné devient possible en utilisant une nouvelle mesure de fiabilité.

# Bestellschein

## Technik-Literatur

Die aufgeführten Bücher können Sie mit diesem Bestellschein im Inland beim örtlichen Buchhandel bestellen.

Expl.

**Taschenbuch Elektrotechnik**

Band 1: Allgemeine Grundlagen
AK
2., unveränderte Aufl., 896 S., 625 Bilder, 166 Tafeln,
Kunstleder 30,— M
Bestell-Nr. 5522662 .....

**Kleines Lexikon der automatischen Steuerung**

Reihe Automatisierungstechnik
Band 194
*H. Fuchs*
1. Aufl., 84 S., 96 Bilder, 2 Tafeln,
Broschur 4,80 M
Bestell-Nr. 5529928 .....

**Zuverlässigkeit elektrischer Maschinen**

Übersetzung aus dem Russischen
*N. P. Ermolin; I. P. Zerichin*
1. Auflage, 228 S., 27 Bilder, 43 Tafeln,
Leinen 22,— M
Bestell-Nr. 5528327 .....

**Armaturen für die Kältetechnik**

Reihe Luft- und Kältetechnik
*P. Kleinschmidt*
1. Aufl., 144 S., 105 Bilder, 6 Tafeln,
Pappband 18,— M
Bestell-Nr. 5529186 .....

**Industrieroboter**

*J. Volmer*
2., durchgesehene Aufl., 240 S., 163 Bilder, 45 Tafeln,
Leinen 25,— M
Bestell-Nr. 5529100 .....

Darüber hinaus können Sie alle in diesem Heft angezeigten und rezensierten Bücher des VEB Verlag Technik ebenfalls mit diesem Vordruck bestellen.

Expl.

..... .....

..... .....

..... .....

..... .....

.....
Name, Vorname

.....
Anschrift mit Postleitzahl

..... .....
Datum Unterschrift


**messen · steuern · regeln**

| | |
|---|---|
| Herausgeber | Kammer der Technik |
| Verlag | VEB Verlag Technik<br>DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14<br>Telegrammadresse: Technikverlag Berlin<br>Telefon: 2870 0; Telex: 0112228 techn dd |
| Verlagsleiter | Dipl.-Ök. *Herbert Sandig* |
| Redaktion | Dr.-Ing. *Dietrich Werner*, Verantwortlicher Redakteur; Telefon: 2870362;<br>Dipl.-Ing. *Dieter Herrmann*, Redakteur, Telefon: 2870374 |
| Lizenz-Nr. | 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik |
| AN (EDV) | 15936 |
| Erscheinungsweise | monatlich 1 Heft |
| Heftpreis | 4,— M, Abbonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen. |
| Gesamtherstellung | VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 5820 Bad Langensalza |
| | Umschlag — eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V., Berlin |
| Anzeigenannahme | DDR-Anzeigen: DEWAG Berlin, 1026 Berlin, Rosenthaler Str. 28—31 (Telefon: 270 32 90), und alle DEWAG-Zweigstellen. Anzeigenpreisliste Nr. 6<br>Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157 Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89 |
| Erfüllungsort und Gerichtsstand | Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig. |
| Bezugsmöglichkeiten | |
| DDR | sämtliche Postämter; örtlicher Buchhandel; VEB Verlag Technik |
| UdSSR | Gebiets- und Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' und Postämter |
| SVR Albanien | Spedicioni Shtypit te Jashtem, Tirane |
| VR Bulgarien | Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia |
| VR Polen | ARS POLONA, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa |
| SR Rumänien | Directia Generala a Postei şi Difuzarii Presei, Palatul Administrativ, Bucureşti |
| ČSSR | PNS, Vinohradská 46, 12043 Praha 2<br>PNS. Gottwaldovo nám. 48, 88419 Bratislava |
| Ungarische VR | P.K.H.I.,P.O.B. 16, 1426 Budapest |
| Republik Kuba | Instituto Cubano del Libro, Centro de Exposición. Belascoain 864, La Habana |
| VR China | China National Publications Import Corporation, P.O. Box 88, Peking |
| SR Vietnam | XUNHASABA, 32 Hai Ba Trung, Hanoi |
| Koreanische VDR | CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang |
| SFR Jugoslawien | Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb |
| BRD und Westberlin | ESKABE. Kommissionsgrossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstr. 111, Berlin (West) 30, sowie weitere Grossisten und VEB Verlag Technik. DDR-1020 Berlin, Postfach 293 |
| Österreich | Globus Buchvertrieb, Höchstädtplatz 3, A-1206 Wien |
| Schweiz | Genossenschaft Literaturvertrieb, Cramerstr. 2, CH-8004 Zürich |
| Alle anderen Länder | örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; VEB Verlag Technik, DDR-1020 Berlin, Postfach 293 |


### Annahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Annahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotographische Verfielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeischrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. des Instituts enthalten.

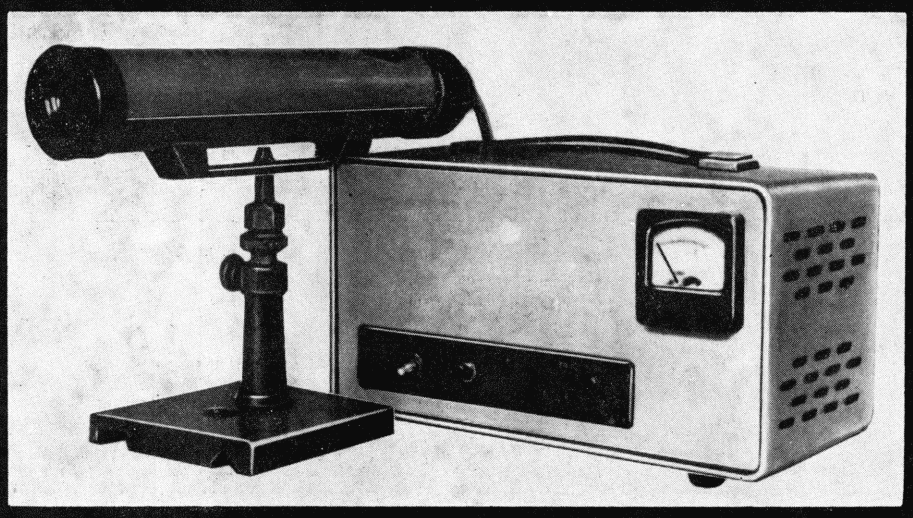
Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (Beilage) messen · steuern · regeln 1982 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

Das Außenhandelsunternehmen der UdSSR MASHPRIBORINTORG
zeigt auf der Leipziger Frühjahrsmesse

**vom 14.—20. März 1982**

eine breite Palette von Gaslasern und Festkörperlasern

HERZLICH WILLKOMMEN IM PAVILLON DER UdSSR
auf dem MASHPRIBORINTORG-Stand



# MASHPRIBORINTORG

# robotron

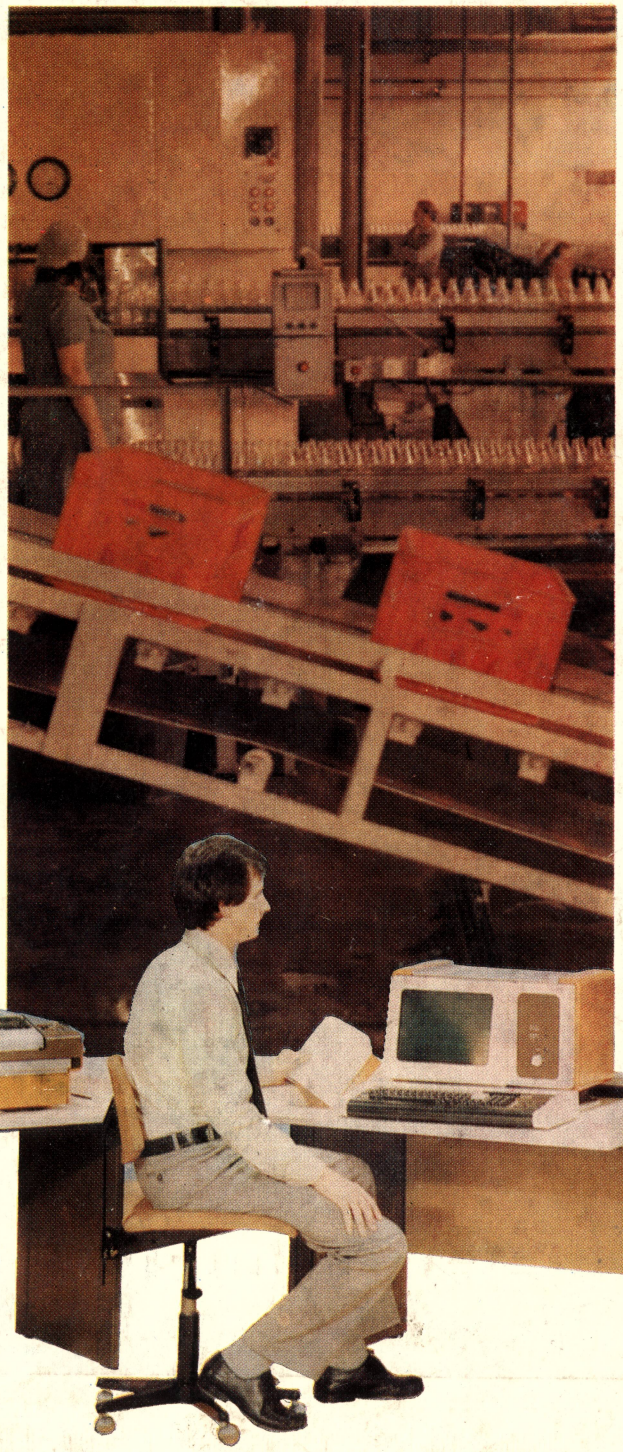
## Kommerzielle Basisrechnersysteme A 6401 und A 6402

**Das komplette System für die aktuelle und wirtschaftliche Lösung betriebswirtschaftlicher Probleme und die Prozeßüberwachung**

VEB Robotron-Vertrieb
Berlin
DDR – 1080 Berlin
Mohrenstraße 62

Exporteur:
Robotron Export-Import
Volkseigener
Außenhandelsbetrieb
der Deutschen Demokratischen
Republik
DDR – 1080 Berlin
Friedrichstraße 61

Besuchen Sie uns bitte
auf der Leipziger Frühjahrsmesse,
Halle 15



Das kommerzielle Basisrechnersystem ist eine anwendungsbezogene Konfiguration leistungsfähiger Komponenten von Hard- und Software. Der Anwendungsfall in der Industrie, dem Handel, den Dienstleistungsbereichen und den öffentlichen Einrichtungen bestimmt die Ausstattung. Dafür stehen zur Verfügung:

- die Zentraleinheiten K 1620 oder K 1630, auf der Basis eines modernen 16-bit-Mikroprozessors
- intelligente Bildschirmterminals für Nah- und Fernanschluß
- eine leistungsstarke Peripherie
  verschiedene Druckertypen als Serien- oder Paralleldrucker
  vielseitige externe Speicher als Platten- und Bandspeicher, als Floppy Disk und Kassettenmagnetbänder
- eine leistungsfähige Systemsoftware mit Betriebssystemen, Compilern und Interpretern, Dienst- und Hilfsprogrammen
- eine Auswahl problemorientierter Anwendungslösungen